Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim
Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold

ALTERNSABHÄNGIGE VERÄNDERUNGEN DER HÜFTGELENKBEWEGLICHKEIT

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an den
Medizinischen Fachbereichen der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Karl-Heinz Elsner
Köln

1971

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547205_0110

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der
Freien Universität Berlin im Oskar-Helene-Heim
Direktor: Prof. Dr. med. G. Friedebold

ALTERNSABHÄNGIGE VERÄNDERUNGEN DER HÜFTGELENKBEWEGLICHKEIT

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Medizinischen Doktorwürde
an den Medizinischen Fachbereichen
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Karl-Heinz Elsner
Köln

Referent: Prof. Dr. med. G. Friedebold

Korreferent: Prof. Dr. med. I. Falck

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fachbereiche der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 24. August 1971

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
A	Einleitung	5
B	Literaturüberblick, Entwicklung der Problematik	6
C	Winkelmessung am Hüftgelenk	17
D	Methodik und Material der eigenen Untersuchungen	35
E	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen	42
F	Diskussion der Ergebnisse	58
G	Zusammenfassung	69
H	Abbildungen, Diagramme, Tabellen	71
I	Literaturverzeichnis	88
	Lebenslauf	

A EINLEITUNG

Die Orthopädie, heute ein eigenes Fachgebiet der Medizin, hat die Erforschung, Erkennung, Behandlung der Störungen des Haltungs- und Bewegungsapparates zur Aufgabe.

Von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung einer orthopädischen Maßnahme ist die Sammlung und Fixierung von Informationen über die Funktionen im Bereich des Bewegungsapparates sowie die Möglichkeit, diese Informationen mit der Norm zu vergleichen.

Auf Anregung von Herrn Prof. Friedebold habe ich mir zur Aufgabe gestellt, die Beweglichkeit des Hüftgelenks zu untersuchen. Die Aufgabe erstreckt sich erstens auf Methode und Technik der Winkelmessung am Hüftgelenk und zweitens auf die Feststellung von Veränderungen der normalen Gelenkbeweglichkeit im Laufe des Alterungsvorganges.

B LITERATURÜBERBLICK

ENTWICKLUNG DER PROBLEMATIK

Gelenkmechanik der normalen Hüfte, Beachtung gemäß Wichtigkeit

Die Gelenkmechanik der normalen Hüfte hat in der Literatur seit jeher besondere Beachtung gefunden. "Man kann sagen, daß fast alle Orthopäden in Ihren Arbeiten mindestens gelegenheitlich, meist aber sehr nachhaltig ihre Aufmerksamkeit auch der Theorie der Hüftmechanik gewidmet haben." (HACKENBROCH (22))

Der Grund für die eingehende Auseinandersetzung mit der Hüftgelenkmechanik ist das Bestreben, die klinische Arbeit am Hüftgelenk theoretisch zu unterbauen und zu klären. Der Zusammenhang zwischen Formstörung und Funktionsstörung ist gerade am Beispiel des Hüftgelenks als entscheidend erkannt worden für die Umbauplanung unter Berücksichtigung von funktionellem Wachstum und funktioneller Anpassung.

Funktion, Beanspruchung, Bedeutung des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk, beansprucht als Mittelglied einer proximal- und distalwärts orientierten Kette, unterstützt den Körper beim Stehen und Gehen.

CLAYSON (12) bezeichnet die Beziehungen zwischen Wirbelsäule, Becken und Femur als entscheidende Faktoren für Standposition und Bewegung, und MUNDALE (30) sieht in der Position und Kontrolle des Beckens den "Schlüssel zur Haltung".

Der Verkehrsraum des Gelenks ist auf die biologische Wichtigkeit abgestimmt; das Bewegungsspiel ist relativ monoton, da mit Erwerb

des aufrechten Ganges die Mannigfaltigkeit der Beinbewegungen aufgegeben wurde. Bei gleicher Bewegungsart im Gelenk ist die Bedeutung für den Körper verschieden, je nach dem, ob es sich um das Standbein oder das Spielbein handelt. Zu den benachbarten Gelenken besteht eine Abhängigkeit, es werden fast immer kombinierte Bewegungen ausgeführt.

Bei Ausfall einer Bewegungsart können Ergänzungs- oder vollständige Ersatzbewegungen in den Nachbargelenken durchgeführt werden. Eine Kontraktur kann "maskiert" werden (BRAUS (6)).

Hüftuntersuchung, allgemein

Die Untersuchung des Hüftgelenks gibt die Möglichkeit, sich ein Bild von seinem Zustand zu verschaffen. Die Einzelinformationen aus den klinischen Untersuchungsschritten (Inspektion, Palpation, Schmerzanalyse, Funktionsproben, Messungen, Röntgenaufnahmen, Punktionen usw., statische und dynamische Untersuchung, rechts/links-Vergleich) geben die Möglichkeit, zusammenfassend eine Diagnose zu stellen. (CHAPCHAL (10) u. a.).

Dabei ist zu beachten, daß sämtliche Rückschlüsse nur indirekt sind, da das Gelenk in der Tiefe der umgebenden Muskelmassen verborgen liegt und nicht direkt untersucht werden kann.

Bewegungsprüfung als Teil der Untersuchungstechnik

Die Prüfung der Beweglichkeit hat bei der Gelenkuntersuchung besonderen Aussagewert (DEBRUNNER (14)). Aktiv wird die Funktionsleistung, passiv die Bewegungsmöglichkeit des Gelenks festgestellt und objektiviert.

Notwendigkeit der Bewegungsprüfung

Die genaue klinische Messung des Bewegungsausmaßes ist in der Orthopädie von großer Wichtigkeit, sie dient der Beschreibung und Begutachtung von Funktionsänderungen nach Krankheit, Unfall, Behandlungseingriff (MILCH (28)). REDDEMANN (31) weist beispielsweise auf die entscheidende Bedeutung der Frühestbehandlung bei orthopädischen Erkrankungen im Säuglingsalter hin, die jedoch nur bei einer entsprechenden Früherfassung der Symptome, als wichtigstem der Abduktionsbehinderung, gewährleistet ist. Aus der Erkenntnis, daß die Therapie vieler orthopädischer Erkrankungen im Spätstadium ohne Erfolg bleibt und rein palliativ ist (DEBRUNNER (15)), ergibt sich die Folgerung, daß rechtzeitig alle Faktoren ausgeschaltet werden müssen, die im Laufe der Zeit zu solchen pathologischen Zuständen führen können (JENTSCHURA (23)). Diese Prophylaxe setzt ein frühzeitiges Erkennen von Abweichungen, z. B. in der Beweglichkeit, voraus.

Durchführung der Bewegungsprüfung

Für die Beschreibung einer Bewegung im Hüftgelenk und die Messung ihres Ausmaßes gibt es in der Literatur verschiedene Angaben.

Sie unterscheiden sich in der Art der Beschreibung und Messung, in der Methodik und in der Technik der Durchführung teilweise recht wesentlich voneinander. Durch die unterschiedlichen Verfahren weichen die angegebenen Werte der einzelnen Autoren deutlich voneinander ab. Wegen der Wichtigkeit der Beweglichkeitsprüfung ist eine Standardisierung des Vorgehens dringend erforderlich. Daher erscheint eine Auswahl aus dem Angebot der verschiedenen Möglichkeiten notwendig.

Im ersten Teil der eigenen Untersuchungen sollen sie miteinander verglichen und nach den Kriterien einer sinnvollen klinischen Brauchbarkeit bewertet werden.

Bedeutung med. Dokumentation spez. für Orthopädie

Ebenso wichtig wie die Bewegungsprüfung selbst ist für die objektive Beurteilung des Verlaufs einer pathologischen Bewegungseinschränkung sowie eines therapeutischen Ergebnisses eine gründliche, ausreichende und zweckmäßige Dokumentation der gewonnenen Informationen.

Gerade weil in der Orthopädie therapeutische Erfolge oft erst nach längerer Zeit eintreten, ist es unmöglich, die Wirkung einer orthopädischen Hilfsmaßnahme ohne den Vergleich der Zustände vor und nach dieser Maßnahme zu beurteilen (DEBRUNNER (14)).

Auf der anderen Seite ist es von entscheidender Bedeutung, die bei der Untersuchung gewonnenen Werte mit den Normalwerten zu vergleichen.

Normbegriff, Biologische Schwankungen

Die Normalwerte für die Beweglichkeit des Hüftgelenks sind in der Literatur mit erheblichen Unterschieden angegeben. Einmal sind die Differenzen zwischen den angegebenen Normalwerten zu erklären durch die Anwendung verschiedener Untersuchungsverfahren, was bereits angedeutet wurde. Zum anderen sind diese Unterschiede ein Resultat der biologischen Streuung; d.h. es kommt wie bei jeder Sammlung von Daten aus medizinischen Untersuchungen durch individuelle Verschiedenheiten der untersuchten Personen zu erheblichen Streubreiten der Werte. Der Begriff der biologischen Norm umfaßt den Durchschnitt bei Abwesenheit von Mißbildungen. Die Grenzen zur Anomalie sind unabhängig von den statistisch festgelegten Werten im Einzelfall durch ärztliches Gutachten festzulegen (HEIMENDINGER (21)).

Eine Variation des Bewegungsausmaßes kann durch verschiedene Faktoren verursacht sein (WEST (45)):

Vererbung und Konstitutionstyp
Geschlecht
Alter
Übung, Training
Wechsel der Beanspruchung im Beruf
psychische Faktoren (Angst, Stress, Anspannung)
Krankheitszustände

Psychische Beeinflussung macht sich besonders im aktiven Bewegungsausmaß bemerkbar. Echte Vergleiche lassen sich nur bei der passiven Beweglichkeitsprüfung ziehen. Auffallend ist, daß die Normalwerte für die Hüftgelenksbeweglichkeit überalls als Konstante angegeben werden. Der erwachsene Mensch im Alter von etwa 25 bis 35 Jahren wird als repräsentativ im Bezug auf das Verhalten des Organismus angesehen. Die Veränderung dieses Verhaltens in Abhängigkeit vom Alterungsprozeß wird nirgendwo in Betracht gezogen.

Problem des Alterns, Geriatrie allgemein

Beim physiologischen Alternsprozeß handelt es sich um die ständigen Umwandlungen in der strukturellen und chemischen Beschaffenheit sowie in der funktionellen Ansprechbarkeit des gesamten Organismus während des ganzen Lebens. BÜRGER (8) spricht von irreversiblen Veränderungen der lebenden Substanz in Abhängigkeit von der Zeit, ein Entwicklungsprozeß, der von der Konzeption bis zum physiologischen Tod andauert und den er als "Biomorphose" bezeichnet. Die Probleme der Geriatrie liegen in der Erforschung dieser physiologischen Umwandlungen und ihrer Folgezustände und wollen nicht nur als Darstellung von greisenhaften Zuständen oder von Krankheiten im Alter verstanden werden (BÜRGER (7)). Sie bestimmen, bedingt durch das Anwachsen ihrer Aufgabenbereiche in Folge der stän-

dig ansteigenden allgemeinen Lebenserwartung, in zunehmendem Maße den Charakter der modernen Orthopädie neben der immer enger werdenden Verbindung mit der Unfallheilkunde (DEBRUNNER (15)).

BÜRGER (7) teilt die systematische Alternsforschung auf in zwei Richtungen; eine statische, die sich mit dem stofflichen und morphologischen Wandlungen des Organismus beschäftigt, indem sie einen ständig wechselnden Status in den verschiedenen Lebensaltern feststellt, und eine dynamische, die die funktionellen Änderungen des Organismus im Laufe des Lebens untersucht, die sich auf Grund der stofflichen Wandlungen ergeben. Daß systematische Untersuchungen über das natürliche Altern bisher nur vereinzelt vorliegen, begründet er damit, daß der Physiologie zuwenig Untersuchungsmaterial vorliegt, daß die normale Anatomie den Problemen kein Interesse schenkt und daß in der pathologischen Anatomie die Erscheinungen durch krankhafte Zustände überlagert sind.

Jede Krankheit aber erhält ihr besonderes Gepräge durch ihr Eingreifen an einem bestimmten Punkt im Ablauf der Lebenskurve mit ihrem Funktionswandel. (MAU (26): "Die Reaktion des Organismus nimmt im Laufe der Zeit ab, die Krankheitsbereitschaft steigt an." STEINMANN (40): "Das Krankheitspotential der Alternsveränderungen wird stets größer, so daß ein zusätzlicher pathogener Faktor immer weniger stark zu sein braucht, um ein Altersleiden manifest werden zu lassen.")

Daher weist BÜRGER (7) auf die große Bedeutung hin, die die Beziehungen zwischen Altern und Krankheit für Diagnose, Therapie und Prognose haben. Die Erforschung und Darstellung von alternsabhängigen Veränderungen in den einzelnen Fachgebieten erscheint daher sehr notwendig.

Alternsveränderungen in der Orthopädie

Im Bereich der Orthopädie interessieren die Alterungsvorgänge des Stütz- und Bewegungsapparates, die sich klinisch im Rückgang seiner Leistungen zeigen. Am allgemeinen Haltungsverfall erkennt man den alten Menschen.

Die Leistung der Skelettmuskulatur nimmt ab, die Knochenstruktur verändert sich, der Knorpel erfährt eine Funktionsminderung durch Gewebeverdichtung.

Besonders bedeutungsvoll ist das Schicksal der bradytrophen Gewebe, womit BÜRGER (7) alle Strukturen zusammenfaßt, die nur spärliche oder keine Kapillarversorgung besitzen und deren Ernährung und Stoffwechsel durch Diffusion geschieht. Im Laufe des Alterungsprozesses kommt es zur "Hysteresis", einer langsam einhergehenden Zustandsveränderung der biokolloidalen Systeme. Dieser Vorgang ist physikalisch, chemisch und histologisch faßbar und äußert sich in einer Dehydratation der Grundsubstanzen mit fortschreitender Verschlackung durch Anlagerung von Calcium, Kalium, Cholesterin, Eiweißen und anderen Stoffen; die Farbe wird gelblich. (Nach BÜRGER (7), HACKENBROCH (22) u. a. . Nach SCHALLOCK (35) kommt es zu einer Abnahme der Grundsubstanzen.)

Die Ursache dieses Vorgangs ist unbekannt, er läuft als autonomer Lebensprozeß spontan ab, eine Beeinflussung durch innere und äußere Faktoren ist jedoch möglich (Hormone, Hunger usw.). STEINMANN (40) versucht, eine Abhängigkeit von den funktionsbedingten mechanischen Belastungen während des ganzen Lebens zu erklären.

Die Altershüfte

Die in den Grundsubstanzen ablaufenden Vorgänge haben morphologische und funktionelle Umwandlungen der Gewebe zur Folge, die sich als alternsabhängige Veränderungen zusammenfassen lassen.

Das Altersgelenk der Hüfte ist in seiner Sonderstellung noch nicht lange bekannt (HACKENBROCH (22)).

Röntgenuntersuchungen von RUTISHAUSER (34) und BAUD (3), sowie elektronenmikroskopische Aufnahmen von VERAGUTH (43) weisen jedoch nach, daß es die typische Altershüfte mit ihren spezifischen Veränderungen gibt.

Als morphologische Charakteristika treten eine Verschmälerung des Gelenkspaltes und eine leichte Entrundung der Formen auf (HACKENBROCH (22)); im Röntgenbild zeigt sich eine Atrophie der Spongiosastrukturen mit Hervortreten der Trabekelarchitektur (RUTISHAUSER (34), BAUD (3)). Diese Veränderungen gegenüber der normalen Erwachsenenhüfte sind physiologisch und treten regelmäßig auf. Sie werden verursacht durch die Kompensation des fortwährenden Materialverschleißes im Gelenk; VERAGUTH (43) sieht die Veränderungen als Ergebnisse einer normalen funktionellen Anpassung im Sinne von ROUX (32). Das funktionelle Leistungsvermögen entspricht dem funktionellen Leistungsanspruch.

Pathologische Veränderungen des Hüftgelenks

Im Gegensatz dazu stehen die pathologischen Veränderungen des Hüftgelenks. Es sind die degenerativen Erkrankungen mit dem Bild der Coxarthrosis deformans. Dabei handelt es sich um Verbrauchserscheinungen, die in einer gewissen Abhängigkeit vom Alter stehen.

RUTISHAUSER (34) bezeichnet die Arthrosis deformans als ein Resultat einer Störung des funktionellen Gleichgewichts im Gelenkbereich. Durch übermäßigen Druck kommt es zur Degeneration des Gelenkknorpels mit Verlust an Chondroitinschwefelsäure, Entquellung und Demaskierung der Kollagenfibrillen. Der darunter gelegene Knochen verändert seine Struktur im Sinne von Cystenbildungen, Produktion von Randwülsten und Zacken, die Synovialis schrumpft zusammen, der Gelenkspalt wird unregelmäßig, die artikulierenden Flächen werden inkongruent.

Die Coxarthrosis deformans tritt nur auf bei einer zu irgendeiner Zeit eingetretenen pathogenetischen Veränderung, sie ist abhängig vom Bestehen einer Präarthrose.

HACKENBROCH (22) bezeichnet als Präarthrosen alle Abweichungen von der Normalform, die ohne eingreifende Korrektur zwingend zur Ausbildung einer Arthrose führen. Diese Abweichungen haben ihre Ursachen in Entwicklungsstörungen, statischen Fehlbeanspruchungen, abgelaufenen entzündlichen Prozessen, Stoffwechselstörungen, hormonellen Störungen oder posttraumatischen Veränderungen.

Dabei muß neben dem Trauma als exogener mechanischer Gewebsschädigung unter Umständen auch eine Summation von Mikrotraumen berücksichtigt werden, worunter FRIEDEBOLD (19) eine mechanische Noxe mit augenblicklich irreversiblem Defekt ohne klinische Symptomatologie versteht.

Durch die zeitlichen Zusammenhänge tritt die Coxarthrosis deformans als typische Alterskrankheit auf, ihr Verlauf ist als degenerativer Prozeß chronisch, ihre Behandlungsbedürftigkeit und damit ihr klinischer Nachweis erfolgt erst in höherem Alter.

Nach STEINMANN (40) haben die alternsabhängigen Veränderungen selbst pathogenetischen Effekt. Er betont, daß die Alterskrankhei-

ten auf rein quantitativer Basis aus den Alternsveränderungen heraus entstehen können. Die von HACKENBROCH (22) als Präarthrosen definierten Abweichungen von der Normalform betrachtet er nur als Prädispositionen, die den Prozeß beschleunigt ablaufen und klinisch stärker zum Ausdruck kommen lassen. Eine Arthrose als degenerative Reaktion auf die ständige Belastung tritt nach seiner Meinung im Laufe der Zeit zwangsläufig ein. Er teilt lediglich ein klinisch symptomloses Stadium der Veränderungen ab, dessen Übergang in das Stadium der manifesten Alterskrankheit durch eine große Streubreite der verschiedenen Funktionen zeitlich stark variiert.

Abzugrenzen sind weiterhin primäre Gelenkschäden, die z. B. durch entzündliche oder traumatische Veränderungen hervorgerufen werden.

Diagnose: gesunde Hüfte - pathologische Hüfte, besonders im Alter

Durch die klinische Untersuchung des Hüftgelenks soll festgestellt werden, ob es sich im Einzelfall um ein gesundes oder pathologisch verändertes Gelenk handelt. Dabei ist neben der Diagnose eines primären Schadens besonders mit zunehmendem Alter des Patienten die Entscheidung wichtig, ob eine degenerative Erkrankung vorliegt. Differentialdiagnostisch erfolgt die Beurteilung von Schmerzen, Reizzustand, Belastungs- und Leistungsvermögen, Röntgenbild usw.

Die passive Beweglichkeitsprüfung läßt Abweichungen einfach und objektiv erkennen, wenn man die gefundenen Funktionswerte mit der Norm vergleicht.

Für die Hüftgelenkbeweglichkeit wurde eine Norm unter Berücksichtigung der alternsabhängigen Veränderungen bisher nicht aufgestellt. Da aber gerade mit zunehmendem Alter die Unterscheidung zwischen physiologischen und pathologischen Zuständen Probleme aufwirft, soll

als Beitrag zur dynamischen Alternsforschung untersucht werden, wie sich die passive Beweglichkeit des Hüftgelenks im normalen Ablauf des Alterns ändert.

Zusammenfassung der Problematik

Es läßt sich also zusammenfassen: Die Prüfung der passiven Beweglichkeit hat großen Aussagewert für die Diagnostik des Hüftgelenks. Entscheidend ist der Vergleich der gefundenen Funktionswerte mit einer Norm. In der Literatur gibt es verschiedene Angaben über eine solche Norm, die auf Grund unterschiedlicher Untersuchungsverfahren voneinander abweichen. Eine alternsabhängige Veränderung der Werte wird nirgendwo angedeutet, wobei umstritten ist, ob diese Alternsveränderungen als physiologisch oder als pathologisch anzusehen sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Aufstellung einer gültigen Norm für die passive Beweglichkeit des Hüftgelenks. Sie soll mit einem allgemeingültigen, einheitlichen Untersuchungsverfahren ermittelt werden und die normalen alternsabhängigen Veränderungen berücksichtigen.

C WINKELMESSUNG AM HÜFTGELENK

Verkehrsraum, Definitionen, Werte

Unter dem Verkehrsraum eines Gelenks versteht man den Raum, in dem sich das freie der beiden durch das Gelenk verbundenen Glieder bewegen kann. Er ist begrenzt durch die Verbindung der Endpunkte aller möglichen Bewegungen. Im Falle der absoluten Bewegung unterscheidet man Ruheteil und Bewegungsteil, im Falle der relativen Bewegung verändern beide Teile ihre Lage.

Das Hüftgelenk hat drei Freiheitsgrade der Bewegung, es sind also Flexion und Extension, Abduktion und Adduktion, Innenrotation und Außenrotation als Grundbewegungsarten sowie Kombinationen möglich.

Als Referenzlinien für die ausgeführte Bewegung gelten die Mittellinie des Thorax und die Mittellinie des Femur.

Die Einschränkung des Bewegungsumfangs geschieht einmal durch die Form der Gelenkflächen sowie den Band- und Kapselapparat, zum anderen durch Muskelinsuffizienz und unter Umständen durch Weichteilhemmung.

Als mögliche Ausgangsstellungen sind definiert:

1. Normalstellung, Stellung in normaler Position.
2. Optimalstellung, etwa rechtwinklige Flexion als Ausgang für optimale Abduktion und Rotation; leichte Abduktion als Ausgang für optimale Flexion und Extension.
3. Mittelstellung, Mittelpunkte der Gelenkflächen stehen sich gegenüber, größte Entspannung in allen Teilen des Band- und Kapselapparates sowie der eingelenkigen Muskulatur, jeweils gleiche Ausschläge bei Bewegung in entgegengesetzte Richtungen (Einnahme bei Entzündung und Erguß!).

4. Ruhestellungen, jeweils durch Schwerkraft bedingte Gelenkstellungen bei erschlaffter Muskulatur.

Das Ausmaß der einzelnen Bewegungsmöglichkeiten wird von den einzelnen Autoren sehr unterschiedlich angegeben (s. Tabelle T 1).

Die Differenzen zwischen den angegebenen Werten sind nicht nur auf biologische Schwankungen zurückzuführen, sondern sie sind auch zu erklären durch die Anwendung unterschiedlicher Untersuchungsverfahren.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Durchführung solcher Untersuchungen:

1. Bei der Beschreibung einer ausgeführten Bewegung im Gelenk.
2. Bei der Messung von Bewegungen im Gelenk (allgemein).
3. Bei der Messung der Winkelgrade von Bewegungsausschlägen (Methodik und Technik).
4. Bei der Wahl des Winkelsystems.
5. Bei der Wahl des Meßgerätes.

Alle diese Möglichkeiten werden kritisch gegenübergestellt mit dem Ziel, ein adäquates, einfach anwendbares und dennoch genaues Verfahren zu finden für die Messung der Beweglichkeit am Hüftgelenk.

Die Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten richtet sich nach folgenden Kriterien:

1. Gültigkeit der Methode; es darf nur die in Frage kommende Bewegung gemessen werden, eine Beeinflussung durch Mitbewegungen muß ausgeschlossen sein.

2. Klinische Anwendbarkeit der Technik; der Zeit-, Arbeits- und Materialaufwand muß im Verhältnis stehen zur geforderten und zur möglichen Genauigkeit der Ergebnisse.

3. Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Beobachtungs- und Ablesungsmöglichkeit; es muß eine akkurate Messung auch im Wiederholungsfall, d.h. bei anderen Patienten oder durch andere Untersucher möglich sein.

Als Maßstab bei der Bewertung steht teils das eine, teils das andere der Kriterien im Vordergrund.

Bewegungsbeschreibung, Möglichkeiten

Das Hüftgelenk ist ein Kugelgelenk mit Beweglichkeit um unendlich viele Achsen durch den Kugelmittelpunkt (= Drehpunkt).

Es ist möglich, eine Exkursionskugelfläche um die Mitte des Hüftgelenks zu beschreiben, auf der sich die Epikondylen bei Bewegung verschieben. Diese ovale Kugelfläche wird wie die Erdoberfläche in Grade (Breitengrade = Parallelkreise und Meridiane) eingeteilt, und es wird eine Polachse und ein Äquator definiert. Eine Stellung des Femur kann damit genau bestimmt werden durch die Angabe einer Meridiannummer, einer Parallelkreisnummer und eines Rotationswinkels.

Diese Art wird hauptsächlich dazu benutzt, die Begrenzung des Verkehrsraumes darzustellen. Sie ist die ältere und wird von den Autoren ALBERT (2), STRASSER (41), FICK (18), LANZ-WACHSMUTH (25) angegeben. Sie unterscheiden sich lediglich in der Anordnung von Polachse und Äquator. ALBERT (2) legt die Polachse in ventrodorsale Richtung, STRASSER (41) in frontale Richtung durch beide Hüftgelenke. Bei FICK (18) und LANZ-WACHSMUTH (25) steht

die Polachse in craniocaudaler Richtung, damit die Hauptachsen des Körpers mit den Hauptachsen der Bahnkugel übereinstimmen; sie nehmen dabei in Kauf, daß der untere Pol im Verkehrsraum liegt.

Eine andere Möglichkeit ist die Zerlegung der im Kugelgelenk ausführbaren Bewegungen in die drei Grundbewegungsarten um drei Hauptachsen. Die Wahl dieser Hauptachsen ist abhängig vom anatomischen Bau des Gelenkes und den hauptsächlichen Funktionen, bestimmt durch Bandführung und Muskelwirkung.

Die Bewegungen sind nach der allgemeingültigen Nomenklatur (PNA, Pariser Nomina Anatomica) definiert als:

1. Flexion und Extension in der Sagittalebene um eine frontale Achse
2. Abduktion und Adduktion in der Frontalebene um eine sagittale Achse
3. Innenrotation und Außenrotation in der Transversalebene um eine craniocaudale Achse

Andere Ausdrücke, wie z. B. Hyperextension (SCHNELLE (39)) sollen vermieden werden.

Alle anderen Bewegungen (um unendlich viele, ständig wechselnde Achsen) können als Kombinationen der Grundbewegungen aufgefaßt werden. Der Vorteil dieser Art der Bewegungsbeschreibung liegt in der vereinfachten Betrachtungsweise und Möglichkeit zu objektiven Vergleichen, bei denen nicht einzelne Optimalwerte um nicht definierte Achsen entscheidend sind, sondern die Endwerte von Bewegungsausschlägen in den genau bestimmten Ebenen. Es ist die heute allgemein verwandte Art, die Bewegungen im Hüftgelenk zu beschreiben (HOHMANN, HACKENBROCH, LINDEMANN (22), CHAPCHAL (10), BENNINGHOFF-GOERTTLER (4), u. a.). Eine gewisse Unregelmä-

ßigkeit der Bewegungsbahnen entsteht dadurch, daß im Gelenk neben reinen Drehbewegungen teilweise Schiebebewegungen durchgeführt werden; die frontale Achse für Flexion und Extension ist fest, die sagittale Achse für Abduktion und Adduktion sowie die craniocaudale Achse für die Rotationen wandern bei den entsprechenden Bewegungen in geringem Grade mit. STRASSER (41) spricht von "instantanen Drehbewegungen", kleinen, in ihrem Betrag aber meßbaren Drehbewegungen um ständig wechselnde Achsen durch das Gelenk. Um diese Unregelmäßigkeiten auszugleichen, haben verschiedene Autoren in ihren Erörterungen über die Hüftgelenkmechanik versucht, die Achsen anders zu definieren (MEYER (27), STRASSER (41), DESCAMPS (16)). Sie legen mathematisch genau bestimmbare Achsen an, die, fest zum Femur, exakt zur entsprechenden Bewegung gehören. Sie liegen teilweise schräg zu den Hauptkörperachsen. Da die entstehende Unregelmäßigkeit jedoch relativ gering ist, erscheint es für den klinischen Bereich sinnvoller, die zuerst angeführte Achseneinteilung zu wählen, weil diese mit den anatomischen Hauptachsen des Körpers übereinstimmen und den physiologischen Grundbewegungen im Hüftgelenk Rechnung tragen.

Bewegungsmessung, Möglichkeiten

Die Messung von Bewegungsausschlägen in einem Gelenk ist möglich einmal durch Untersuchung von entsprechenden anatomischen Präparaten, durch Nachformung des Gelenkes im Modell oder rein geometrisch durch Ableitung aus der Form.

Zum anderen ist sie am Patienten möglich durch Prüfung der aktiven und der passiven Beweglichkeit. Unter der Vorbedingung, daß bestimmte Punkte an den bewegbaren Gliedern genau markiert sind, kann die Messung erfolgen durch:

- einfache unmittelbare Beobachtung und Schätzung
- direkte Messung von Stellungen oder Bewegungsbahnen
- direkte Messung von Winkelgraden
- Messungen von Projektionen auf dem Bildschirm (bei weit entfernter Lichtquelle)
- Messungen auf Fotografien und Röntgenbildern

Zum Erhalt genauer Werte für die Beweglichkeit einer Untersuchungsperson kommen nur die direkte Winkelmessung am Gelenk oder die Messung auf Röntgenbildern in Betracht.

Meßmethodik und Meßtechnik;

Idee und Durchführung, Gegenüberstellung verschiedener Möglichkeiten

Die direkte Messung von Winkelgraden geht von der Idee aus, das bewegte Bein als Anzeiger für die erfolgte Bewegung anzusehen und dessen Entfernung aus der Ausgangsstellung in Graden anzugeben.

Allgemeines:

Die Messung wird am liegenden Patienten unternommen; die Untersuchungsunterlage muß hart sein, damit als Ausgangsstellung die anatomische Normalstellung eingenommen wird und Rumpf und Oberschenkel paralliel zur Unterlage, also horizontal liegen. Nur dann können die Beziehungen zwischen Mittellinie Rumpf und Mittellinie Femur korrekt als Referenzlinien für die erfolgte Bewegung gemessen werden. Zunächst wird die Ausgangsstellung des Patienten überprüft und unter Umständen korrigiert, und es werden die knöchernen Orientierungspunkte aufgesucht; für das Becken die beiden spinae iliacae ventrales, für den Oberschenkel der trochanter major und der epicondylus lateralis bzw. die Patella.

Dann wird passiv die entsprechende Bewegung ausgeführt, wobei zu beachten ist, daß Becken, Rumpf und nicht bewegtes Bein in ihrer Lage fixiert bleiben, daß also Mitbewegungen ausgeschaltet sind. Das Ende der jeweiligen Bewegungsmöglichkeit ist erkennbar durch Erreichen des Anschlages, der nur überwunden werden kann durch die Mitbewegung in anderen Gelenken. Durch Anlegen eines Winkelmessers an die jeweiligen Referenzlinien wird darauf unter Berücksichtigung des Drehpunktes der Betrag der Bewegung in Graden gemessen.

Unter den Voraussetzungen, daß die Bewegungsebenen und deren Achsen eindeutig bestimmt sind (Flexion-Extension, Abduktion-Adduktion, Rotationen), gibt es verschiedene Möglichkeiten, solche Messungen durchzuführen.

Flexion

Ausgangsstellung ist die normale Rückenlage bei gestreckten Beinen.

Zur Durchführung wird das Bein bei gebeugtem Knie maximal nach ventral abgewinkelt (das Knie ist gebeugt, um eine passive Insuffizienz der zweigelenkigen Muskeln vor Ende des Bewegungsumfanges auszuschalten). Der Anschlag ist erreicht bei Beginn einer Beckenkippung mit Ausgleich der Lendenlordose und Heben des anderen Beines. Gemessen wird der erreichte Winkel zwischen Rumpfachse (= Horizontale) und Oberschenkellängsachse (= Verbindung zwischen trochanter major und epicondylus lateralis). Diese Methode wird so von der Mehrzahl der Autoren beschrieben (AAOS (1), CHAPCHAL (10), SCHLAAFF (37), MOORE (29), u. a.). Sie ist mit minimalem Aufwand durchzuführen, bei Einhaltung der Bedingungen zuverlässig und reproduzierbar, die einzige Schwierigkeit liegt in der absoluten Ausschaltung von Mitbewegungen in den angrenzenden Gelenken der Lendenwirbelsäule (Veränderungen des Lumbosacralwinkels).

Amerikanische Autoren schlagen deshalb vor, zur Ausschaltung dieser Mitbewegungen zu trennen zwischen Werten für die Hüftbeweglichkeit und die Lendenwirbelsäulenbeweglichkeit. Sie definieren einen "innominate bone" und messen die Lageverhältnisse zwischen dieser gedachten Beckenlinie und dem Femur als "pelvifemoral angle". Bei MILCH (28) handelt es sich dabei um den hinteren Winkel zwischen "Nélaton's line" (Verbindung zwischen tuber ossis ischii und spina iliaca ventralis) und Femurachse, während MUNDALE (30), CLAYSON u. a. (11) unter "pelvifemoral angle" den vorderen Winkel zwischen der Vertikalachse des Beckens (durch die Mitte des Acetabulums gelegte Senkrechte auf die Verbindung zwischen spina iliaca ventralis und spina iliaca dorsalis superior) und der Longitudinalachse des Femur verstehen.

Diese Methode hat den Nachteil, daß die gemessenen Winkelgrade immer erst umgerechnet werden müssen, um den effektiven Bewegungsausschlag zu ergeben (vom gemessenen Endwert muß der gemessene Wert der Ausgangsstellung subtrahiert werden). Außerdem besteht die Gefahr, daß die auf der Haut markierten Referenzlinien für die entsprechenden Beckenlinien ("innominate bone") bei der Bewegung auswandern und so zu Ungenauigkeiten führen. Bei der Messung von Bewegungsausschlägen auf Röntgenbildern ist diese Methode die genaueste.

Das Committee On Medical Rating Of Physical Impairment (13) schlägt vor, zur Fixierung des Beckens während der Messung das gegenseitige Hüftgelenk durch die Untersuchungsperson beugen zu lassen. Dadurch wird jedoch in der Endphase der zu messenden Bewegung (maximale Beugung beider Hüftgelenke!) die Stellung des Beckens gegenüber der Ausgangsstellung verändert und die normale Lendenlordose aufgehoben. Der gemessene Wert ist durch diese Mitbewegung in den benachbarten Gelenken verfälscht.

Extension

Ausgangsstellung ist die normale Bauchlage mit gestreckten Beinen.

Zur Durchführung der Bewegung wird das gestreckte Bein maximal nach dorsal angehoben. Der Anschlag ist erreicht bei Beginn einer Beckenkippung und Verstärkung der Lendenlordose.

Gemessen wird der erreichte Winkel zwischen Rumpfachse (= Horizontale) und Oberschenkellängsachse (= Verbindung zwischen trochanter major und epicondylus lateralis). Dies ist die Methode, wie sie von der AAOS (1), CHAPCHAL (10), SCHLAAFF (37), MOORE (29) u. a. angegeben wird. Sie ist zwar mit minimalem Aufwand durchzuführen, jedoch ist es hierbei noch schwieriger als bei der Flexionsmessung, die Mitbewegungen in den angrenzenden Gelenken der Lendenwirbelsäule auszuschalten.

Es gibt verschiedene Vorschläge amerikanischer Autoren, wie man zu exakten Meßergebnissen allein für die Streckung im Hüftgelenk gelangt.

MILCH (28) auf der einen, MUNDALE (30) und CLAYSON (11) auf der anderen Seite arbeiten auch hier mit dem neu definierten "innominate bone" und messen jeweils den "pelvifemoral angle" wie bei der Flexionsmessung bereits beschrieben. Auch hier gilt, daß dies die genaueste Methode für die Messung auf Röntgenbildern ist, daß aber bei der klinischen Messung am Patienten die Gefahr der Ungenauigkeit durch Auswandern der markierten Referenzlinien besteht und daß die erhaltenen Werte erst umgerechnet werden müssen.

CAVE und ROBERTS (9) lassen bei der Messung der Extension eines Beines das andere in einem Winkel von 90 Grad über die Tischkante hinunterhängen, um auf diese Weise das Becken zu fixieren. Dagegen ist einzuwenden, daß dadurch die normale Konfiguration der Len-

denwirbelsäule und damit die Ausgangsstellung verändert werden können, daß andererseits auch dann Mitbewegungen der betreffenden angrenzenden Gelenke nicht ausgeschlossen sind. Unter der Voraussetzung, daß das Becken mit einer Hand in der Ausgangsstellung fixiert wird und daß der Anschlag (Beginn einer Beckenkippung und Verstärkung der Lendenlordose) genau beobachtet werden, ist die zuerst beschriebene Methode wohl am besten geeignet.

CHAPCHAL (10) läßt die Bewegung bei leichter Abduktion ausführen und erhält dabei Optimalwerte für eine Streckung, die aber nicht der genau definierten Extension entspricht.

Zum Erhalt von exakten Meßergebnissen nicht geeignet ist der THOMAS'sche (42) Handgriff. In Rückenlage des Patienten wird das eine Bein maximal passiv gebeugt mit Kippung des Beckens und Ausgleich der Lendenlordose. An der Stellung des anderen Beines läßt sich dann feststellen, ob dort eine Beugekontraktur des Hüftgelenkes mit Streckausfall vorliegt. Dies genügt für die einfache klinische Prüfung, genaue Messungen lassen sich nicht durchführen.

Abduktion und Adduktion

Ausgangsstellung ist die normale Rückenlage mit gestreckten Beinen.

Zur Durchführung der Abduktionsbewegung wird das Bein maximal nach außen geführt, der Anschlag ist erreicht bei beginnender Beckenmitbewegung.

Zur Durchführung der Adduktionsbewegung wird das Bein maximal nach innen geführt, wobei sich eine leichte Beugung im Hüftgelenk zum Überkreuzen des anderen Beines nicht vermeiden läßt. Auch hierbei ist der Anschlag erreicht bei beginnender Beckenmitbewegung.

Um die Gültigkeit der Methode zu gewährleisten, um also eine reine Abduktions- und Adduktionsbewegung zu erhalten und Mischbewegungen mit Flexions- und Rotationsanteilen zu vermeiden, muß darauf geachtet werden, daß die Fußspitze des bewegten Beines stets wie in der Ausgangsstellung nach oben gerichtet bleibt.

Gemessen wird der erreichte Winkel zwischen Rumpfachse (= Senkrechte auf Verbindung der spinae iliacae ventrales) und Oberschenkellängsachse (= Verbindung zwischen Femurkopf, Mitte des ligamentum inguinale und Patellamitte). Von der AAOS (1) und MOORE (29) wird die Methode so beschrieben.

Das Committee On Medical Rating Of Physical Impairment (13) läßt während der Messung zur Fixierung des Beckens das gegenseitige Hüftgelenk durch die Untersuchungsperson maximal beugen. Das hat den Vorteil, daß dieses Bein nicht zur Messung der Adduktion überkreuzt werden muß. Nachteilig ist jedoch, daß damit die Ausgangsstellung durch Mitbewegungen in den angrenzenden Becken- und Wirbelgelenken verändert werden kann, daß ein Winkelmesser nicht exakt angelegt werden kann, und daß der Anschlag schwieriger zu ermitteln ist.

MILCH (28) definiert und mißt einen "copelvifemoral angle" zwischen der Verbindung der beiden Femurköpfe und der mechanischen Femurachse. In Ausgangsstellung beträgt dieser Winkel 90 Grad, bei Abduktion wird er größer, bei Adduktion kleiner. Es handelt sich im Prinzip um die gleiche Methode wie vorher beschrieben, nur müssen die gemessenen Winkelgrade wieder umgerechnet werden zum Ergebnis des effektiven Bewegungsausschlages.

Die Autoren CHAPCHAL (10) und SCHLAAFF (37) wählen als Ausgangsstellung die Rückenlage bei um etwa 60 Grad gebeugter Hüfte und abgewinkeltem Kniegelenk und lassen die Bewegung um eine craniocau-

dale Achse durchführen. Dies sind jedoch Mischbewegungen mit Flexions- und Rotationsanteilen, die nicht den reinen Abduktions-/Adduktionsbewegungen entsprechen. Die gemessenen Ausschläge zwischen einer frontalen Ebene und der Oberschenkellängsachse sind hierbei größer, da die gewählte Ausgangsstellung eine Optimalstellung ist. Für die einfache klinische Prüfung mag diese Methode genügen, zur genauen Messung von Abduktion und Adduktion ist sie nicht adäquat.

Rotationen

Ausgangsstellung ist die normale Bauchlage mit gestrecktem Oberschenkel, der Unterschenkel ist im Kniegelenk um 90 Grad nach oben abgewinkelt.

Zur Durchführung der Bewegungen wird der aufrecht stehende Unterschenkel maximal zur Seite geschwenkt, bei der Innenrotation nach außen, bei der Außenrotation nach innen.

Der Anschlag ist erreicht bei Beginn einer Beckenmitbewegung.

Gemessen wird der erreichte Winkel zwischen der sagittalen Körperachse (= Senkrechte zur Untersuchungstischebene) und der Unterschenkellängsachse (= Tibiakante).

Diese Methode wird von der AAOS (1) beschrieben. Im Prinzip gleich ist die Methode, die von MILCH (28) und MOORE (29) angegeben wird. Die Messung wird vorgenommen in Rückenlage, wobei die Unterschenkel über der Kante des Untersuchungstisches nach unten hängen; gemessen wird ebenfalls der erreichte Winkel zwischen der Senkrechten zur Untersuchungstischebene und der Tibiakante. Hierbei ist allerdings der Beginn der Beckenkippung als Kennzeichen des Anschlages nicht so deutlich zu beobachten wie bei der Bauchlage.

Die Autoren CHAPCHAL (10) und SCHLAAFF (37) gehen auch bei der Rotationsmessung von der Rückenlage mit um etwa 60 Grad gebeugter

Hüfte und rechtwinklig gebeugtem Knie als Ausgangsstellung aus und lassen die Bewegung um eine sagittale Achse durchführen. Auch hier gelten die bereits bei der Messung der Abduktion und Adduktion gemachten Einwände; es handelt sich nicht um reine definitionsgemäße Rotationsbewegungen, sondern um Mischformen mit Flexionsanteilen, die sich in ihren Werten von den reinen Bewegungen unterscheiden. Gemessen wird der erreichte Winkel zwischen Rumpfachse und Unterschenkellängsachse; ein Winkelmesser läßt sich wegen der unterschiedlichen Ebenen nur sehr ungenau anlegen. Zur klinischen Prüfung der Rotationsfähigkeit ist die Methode anwendbar, zur Gewinnung genauer Meßergebnisse ist sie nicht adäquat.

Zur einfachen Übersicht und zum Ausschluß einer Kontraktur genügt auch die von Committee On Medical Rating Of Physical Impairment (13) und BERNBECK (5) beschriebene Möglichkeit, in Rückenlage bei gestrecktem Ober- und Unterschenkel das Bein um seine Achse zu drehen und den Ausschlag der Fußspitze zu beobachten. Genaue Werte lassen sich auf diese Weise nicht ermitteln, weil der Fußrand zum Anlegen eines Winkelmessers nicht sehr geeignet ist und weil die Stellung des Fußes abhängig vom Eintritt der Schlußrotation im Kniegelenk wechselt.

Winkelsysteme

Die Ausschläge des bewegten Beines von der Ausgangsstellung als Anzeiger für die erfolgte Bewegung werden in Winkelgraden gemessen. Es stehen zwei Systeme zur Verfügung, die Entfernung von der Ausgangsstellung anzugeben. Einmal besteht die Möglichkeit, den Winkel anzugeben, den die durch das zu prüfende Gelenk miteinander verbundenen Körperteile miteinander bilden. Die gestreckte Ausgangsstellung ist mit einem Winkel von 180 Grad definiert, und für jede Gelenkstellung ist eine eindeutige Winkelangabe möglich ("eine Bewegung ist mög-

lich von x Grad bis y Grad") (CHAPCHAL (10), LANGE (24), u. a.). Der Wert für das Bewegungsausmaß muß erst durch Subtraktion aus den Werten von Ausgangsstellung und Endstellung errechnet werden.

Ähnlich ist das System des vollen Kreises von 360 Grad in der Sagittalebene, das von MOORE (29) und WEST (45) beschrieben wird. Die Verbindung 0 Grad bis 180 Grad ist parallel zur Hauptkörperachse, eine Flexion wird in Richtung 0 Grad, eine Extension in Richtung 360 Grad ausgeführt. Eine Ausgangsstellung ist nicht definiert, es wird lediglich das Gesamtausmaß der Bewegungsmöglichkeit in der betreffenden Ebene zwischen den Endpunkten ausgerechnet und angegeben.

Die andere Möglichkeit ist die direkte Messung des Bewegungsausschlages von der Ausgangsstellung aus in Grad. Die gestreckte Ausgangsstellung (anatomische Normalstellung) ist mit einem Winkel von 0 Grad definiert, die Methode ist als Neutral-Null-Methode beschrieben. Sie ist in der Einheitsgelenkmessungsmethode der AAOS (1) enthalten, beschlossen im Juli 1962 unter Kommitteevorsitz von Dr. Carter Rowe, basierend auf den Prinzipien von CAVE und ROBERTS (9). ("eine Bewegung ist möglich um x Grad von 0 Grad aus").

Zur Bestimmung eines Bewegungsausmaßes ist die zuletzt genannte Methode die geeignetere, sie soll zur internationalen Vereinheitlichung der Bewegungsprüfungen überall angewandt werden.

Winkelmesser

Die Winkelgrade zur Messung der Bewegungsausschläge werden durch Anlegen eines Winkelmessers ermittelt. Es gibt verschiedene Ausführungen dieser Instrumente, die sich in zwei Gruppen klassifizieren lassen.

A. Die Geräte der ersten Gruppe lassen sich als Universalwinkelmesser zusammenfassen. Sie können zur Messung an allen Gelenken des Körpers verwandt werden.

Es gibt verschiedenartige Ausführungen, die sich auf zwei Grundprinzipien zurückführen lassen.

1. Das eine Prinzip beruht darauf, daß zwei Schenkel parallel zu den gelenkenden Gliedmaßen angelegt werden und ihre Stellung zueinander an einem entsprechend angebrachten Kreis oder Kreissegment abgelesen wird.

Der normalerweise in den Kliniken angewandte Winkelmesser besteht aus zwei kurzen Metallschenkeln, die durch ein Scharniergelenk verbunden sind. Um die Achse des Scharniergelenks herum ist ein Kreissegment angebracht, auf dem der Winkel in Grad abgelesen werden kann, den die beiden Schenkel miteinander bilden.

Das Gerät ist vollständig zusammenklappbar und kann daher immer mitgeführt werden. Es ist praktisch für Routineuntersuchungen und daher für die Kliniken gut geeignet, genaue Meßergebnisse lassen sich wegen der Kürze der Schenkel nicht erzielen.

Der "International Standard Goniometer"
(beschrieben in RUSSE (33), Atlas orthopäd. Erkrankungen) besteht aus zwei um eine gemeinsame Achse beweglichen Schenkeln aus transparentem Kunststoff; der eine Schenkel ist um den Drehpunkt zu einem Vollkreis erweitert, auf dem die Winkelgrade aufgetragen sind und wo die Stellung der beiden Schenkel gegeneinander abgelesen werden kann.

Auch dieses Gerät ist praktisch mitzuführen und zu handhaben und daher für den normalen Klinikgebrauch gut geeignet. Aber auch damit können keine genauen Meßergebnisse erreicht werden, da die Schenkel zu kurz sind, um sie sicher parallel an die Referenzlinien anlegen zu können.

Auf dem gleichen Prinzip beruhen verschiedene Winkelmeßgeräte, die von der pharmazeutischen Industrie als Reklame angeboten werden.

Ein Gerät von der Firma BYK-GULDEN-LOMBERG beispielsweise besteht aus einem Halbkreis und einem um den Mittelpunkt beweglichen langen Schenkel, beides aus transparentem Kunststoff. Wenn man am Halbkreis parallel zur Grundseite und durch den Mittelpunkt einen weiteren langen Schenkel anbringt (s. Abb. A 3), so hat man ein Gerät zur Hand, mit dem sich genaue Messungen durchführen lassen, da man die langen Schenkel sicher an die jeweiligen Referenzlinien anlegen kann.

Der Meßfächer "Arthro" nach Dr. SCHLAAFF (38), der als "Kombinationsgerät zur Messung der Bewegungen in allen Gelenken" beschrieben wird, ist lediglich ein Halbkreis aus transparentem Kunststoff, auf dem die möglichen Winkelgrade aufgetragen sind. Er wird mit seinem Mittelpunkt auf den Gelenkdrehpunkt gehalten, die erfolgte Bewegung wird an der Stellung des bewegten Körperteils selbst abgelesen. Genaue Werte können dabei nicht gewonnen werden.

2. Auf einem anderen Prinzip beruht das Winkelmeßgerät, das von dem Polen WEISS (44) entwickelt wurde. Es setzt sich aus folgenden Einzelteilen zusammen: Ein drehbares Zifferblatt mit Winkeleinteilung, um dessen Achsen sich ein Zeiger bewegt, der an seinem anderen Ende durch ein Gewicht beschwert ist und daher immer senkrecht nach oben zeigt. Durch eine Drehgelenkkonstruktion kann das Zifferblatt in zwei Freiheitsgraden bewegt werden. Das ganze Instrument wird mit einem Lederriemen an dem jeweils zu messenden Körperteil befestigt. Unter der Voraussetzung, daß die Ausgangsstellungen genau waagerecht oder senkrecht sind, lassen sich mit diesem Modell Messungen in allen Körperebenen durchführen, deren Ergebnisse sehr genau abgelesen werden können. Dabei braucht

die Lage des Gerätes nach einmaliger Befestigung nicht mehr gewechselt zu werden, nur die Zifferblattstellung und die Lage des Patienten werden verändert.

Das Prinzip hat den großen Vorteil der Unabhängigkeit vom Gelenkdrehpunkt; das Gerät selbst ist allerdings eine relativ aufwendige Konstruktion und darüber hinaus in Deutschland nicht erhältlich.

Nach dem gleichen Prinzip funktioniert jedoch ein Reklameinstrument der Firma GEIGY, das als "Hydrogonometer" bezeichnet wird.

Auf einem Ständer ist drehbar eine Vollkreis angebracht, der innen hohl und mit einer Flüssigkeit gefüllt ist. Um die Achse drehbar ist ein Zeiger befestigt, der durch eine luftgefüllte Kugel an seiner Spitze immer senkrecht nach oben zeigt. Das ganze Instrument ist aus transparentem Kunststoff angefertigt, so daß die Stellung des Zeigers zum Kreis in Winkelgraden abgelesen werden kann. Der Fuß des Ständers ist die Ausgangsebene, je nach ihrer waagerechten oder senkrechten Lage kann der Kreis im Ständer gedreht werden, so daß die Messung immer von 0 Grad ausgehen kann. Mit diesem Gerät lassen sich sehr genaue Messungen durchführen, wenn man den Fuß des Ständers zu einem langen Schenkel verlängert, den man sicher an die jeweilige Referenzlinie anlegen kann (s. Abb. A 1, 2, 4). Voraussetzung für die Anwendung dieses Gerätes ist, daß die Ausgangsstellung waagerecht oder senkrecht ist und daß die Bewegung in einer senkrechten Ebene verläuft, da sonst das Wasserwaagenprinzip nicht funktionieren kann. Auch hier ist die Messung der Bewegung unabhängig von der Lage des Gelenkdrehpunktes.

B. Die zweite Gruppe besteht aus Spezialinstrumenten, die erbaut werden zur Messung nur einer Bewegungsform in einem Gelenk.

Diese Geräte sind speziell an die anatomischen Besonderheiten des betreffenden Gelenkes angepaßt und meist recht komplizierte Konstruktionen, die jedoch auf den gleichen Prinzipien beruhen, wie die in der ersten Gruppe genannten Universalinstrumente.

Als Winkelmeßinstrumente können grundsätzlich alle Geräte benutzt werden, deren Bauart gewährleistet, daß die eingestellten Winkelgrade mit den tatsächlich durch die Bewegung erreichten Werten übereinstimmen und daß diese Werte genau abgelesen werden können.

Voraussetzungen dafür sind:

1. Eine ausreichende Länge der Schenkel zum genauen Anlegen an die entsprechenden Referenzlinien der bewegten Glieder (wenn die Schenkel genau anliegen, stimmen die Achsen der Gelenkbewegung und des Meßgerätes zwangsläufig überein. Das Wasserwaagenprinzip ist unabhängig vom Gelenkdrehpunkt).

2. Eine genaue Gradeinteilung auf dem zugehörigen Kreisausschnitt und eine genaue Ablesemöglichkeit der erreichten Zeigerstellung, z.B. durch Transparenz des bewegten Schenkels mit einer entsprechenden Markierung.

3. Bei Winkelmessern mit zwei Schenkeln ist eine ausreichende Länge des unbewegten Schenkels auf der Grundseite nach beiden Seiten des Drehpunktes notwendig zur Anwendungsmöglichkeit auf beiden Körperseiten; ein Halbkreis mit Gradeinteilung anstatt eines Vollkreises ist erforderlich, um das Gerät einwandfrei bei den liegenden Untersuchungspersonen anlegen zu können.

D METHODIK UND MATERIAL DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

Zusammenfassende Beschreibung des eigenen Vorgehens

Wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, gibt es verschiedene Möglichkeiten, Winkelmessungen am Hüftgelenk durchzuführen und zu dokumentieren.

In Vorversuchen wurden diese Möglichkeiten prüfend miteinander verglichen, indem bei denselben Personen die einzelnen Methoden und Techniken durchgeführt wurden. Die Auswahl wurde getroffen nach den bereits genannten Kriterien der Gültigkeit der Methode, der klinischen Anwendbarkeit der Methode und der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Beobachtungs- und Ablesemöglichkeit. Ausgewählt wurde die Einheitsgelenkmessungsmethode der AAOS (1) (American Academy Of Orthopaedic Surgeons, Kommitteevorsitzender Dr. Carter Rowe), die im Juli 1962 beschlossen wurde und auf den Prinzipien der Neutral-Null-Methode nach CAVE und ROBERTS (9) beruht.

Als Meßgeräte wurden benutzt (s. Abb. A 1 - 4):

1. Das Hydrogonometer der Firma GEIGY (A 1, 2, 4), modifiziert durch Verlängerung des Ständerfußes auf ca. 40 cm für die Messung von Flexion, Extension und Rotation.

2. Das Winkelmesser der Firma BYK-GULDEN-LOMBERG (A 3) mit einem Schenkel von 30 cm Länge, modifiziert durch Anbringen eines zweiten längeren Schenkels an der Grundseite von je 30 cm nach jeder Seite für die Messung von Abduktion und Adduktion.

Im Einzelnen wurde nach folgendem Schema vorgegangen, um die passive Beweglichkeit der beiden Hüftgelenke zu messen:

Nach kurzer gezielter Anamnese und Inspektion wurde die Untersuchungsperson auf einen harten, vollkommen ebenen Untersuchungstisch gelegt, zunächst in Rückenlage mit gestreckten Beinen zur Messung von Flexion, Abduktion und Adduktion.

Alle Messungen wurden ohne Gewaltanwendung vorgenommen, zur Verminderung von willkürlichen Beeinflussungen wurde die Untersuchungsperson über die Einzelheiten des Vorgehens genau informiert.

Nach Korrektur der Lage (Rumpf und Oberschenkel mußten waagerecht, also parallel zur Untersuchungstischebene liegen, Arme durften zur Vermeidung einer verstärkten Lendenlordosierung nicht zum Kopf genommen werden) und Aufsuchen der knöchernen Orientierungspunkte wurde zur Messung der Flexion das betreffende Bein bei gebeugtem Knie mit einer Hand maximal nach ventral abgewinkelt. Mit der anderen Hand wurde der Anschlag beobachtet, der sich durch den Beginn einer Beckenkippung mit Ausgleich der Lendenlordose und Heben des anderen Beines zeigte. Die Stellung beim Anschlag wurde fixiert und der zugehörige Wert mit dem Hydrogonometer gemessen, indem der lange Schenkel an trochanter major und epicondylus lateralis angelegt und der entstandene Winkelgrad zwischen Oberschenkellängsachse und Untersuchungstischebene (= Ebene der waagerechten Rumpfachse) abgelesen wurde.

Zur Messung der Abduktion wurde das betreffende Bein mit einer Hand maximal nach außen gespreizt, wobei darauf geachtet werden mußte, daß die Fußspitze nicht nach seitwärts gedreht wurde. Der Anschlag bei Beginn einer Beckenmitbewegung wurde mit der anderen Hand festgestellt. Der zugehörige Wert wurde mit dem BYK-Winkelmesser gemessen, dessen verlängerte Grundseite an die beiden spinae iliacae ventrales angelegt wurde, und dessen Schenkel parallel der Oberschenkellängsachse auf die Patella zeigend deren Abweichung von der Rumpfachse (Senkrechte auf die Verbindung der spinae) in

Grad anzeigte. Auf die gleiche Weise wurde die Adduktion gemessen, nur daß hierbei das betreffende Bein nach innen geführt wurde. Nachdem noch das Ausmaß der vorhandenen Lendenlordose geprüft worden war, wurde die Untersuchungsperson in die Bauchlage gedreht zur Messung von Extension, Innenrotation und Außenrotation. Zur Extensionsmessung wurde bei gestrecktem Unterschenkel das betreffende Bein mit einer Hand nach dorsal angehoben, bis als Zeichen des Anschlages eine Beckenkippung begann und die Lendenlordose verstärkt wurde. Dieser Anschlag mußte mit der anderen Hand genau fixiert werden, sein Wert wurde wie bei der Flexionsmessung mit dem Hydrogonometer durch Anlegen des langen Schenkels gemessen.

Zur Messung der Rotationen wurde darauf der Unterschenkel des betroffenen Beines rechtwinklig nach oben gebeugt. Mit einer Hand wurde der Unterschenkel maximal zur Seite geschwenkt, mit der anderen Hand wurde der Anschlag mit beginnender Beckenmitbewegung beobachtet. Das Ergebnis für die Stellung beim Anschlag wurde durch Anlegen des Hydrogonometers mit dem langen Schenkel an die Tibiakante gemessen. Abgelesen wurde der Winkel zwischen der Senkrechten (= sagittale Körperachse) und der Unterschenkellängsachse; bei der Innenrotation war der Unterschenkel nach außen geschwenkt, bei der Außenrotation nach innen.

Methode und Technik der Messungen wurden in weiteren Vorversuchen durch Anwendung bei verschiedenen Personen eingeübt und vervollkommnet, bevor die ersten Ergebnisse registriert wurden.

Genauigkeit der Messung

Die zuverlässige Beurteilung der Untersuchungsergebnisse ist nur möglich bei einer gleichbleibenden Untersuchungstechnik, die laufend kontrolliert werden muß. Zu diesem Zwecke wurden Vergleichsver-

suche angestellt; bei denselben Personen wurden in verschiedenen Zeitabständen die Messungen wiederholt und die Ergebnisse miteinander verglichen. Diese Kontrolle ergab, daß nach den Vorversuchen zur Einübung und Vervollkommnung die Technik als gleichbleibend angesehen werden kann; etwaige Unterschiede in den Ergebnissen der Kontrollversuche blieben innerhalb der allgemeinen Fehlerbreite.

Diese allgemeine Fehlerbreite von etwa 5 Grad ist bedingt durch die Unzulänglichkeit des Hüftgelenkes, die in der Tiefe der Muskulatur nur eine indirekte Bewegungsuntersuchung zuläßt, und die deshalb trotz aller Sorgfalt des Vorgehens unvermeidliche Ungenauigkeit beim Anlegen des Winkelmessers. Die kleinste Maßeinheit ist daher allgemein auf 5 Grad festgesetzt, die Angabe genauerer Meßwerte wäre eine "Pseudogenauigkeit ohne Wert" (HANSEN (20)).

Beschreibung des Untersuchungsgutes

Untersuchungsorte:

Die Untersuchungen wurden in Krankenhäusern, Schulen, Sporthallen, Heimen, einer Allgemeinpraxis sowie in Privatwohnungen vorgenommen. Voraussetzung für die Durchführung war lediglich das Vorhandensein einer ebenen, harten Untersuchungsunterlage.

Die Serie wurde im Januar 1968 begonnen und im August 1969 abgeschlossen; die Orte im Einzelnen waren:

Städt. Krankenhaus Berlin-Britz, chir.-orthop. Abteilung; Herrmann-Ehlers-Schule, Berlin-Steglitz (TSG Steglitz); Sachsenwald-Schule, Berlin-Steglitz (SSC Südwest); Kästner-Schule, Berlin-Dahlem (Studentensport); Sporthalle der Polizeikaserne Berlin-Tempel-

hof (PSV Berlin); Heim und Sporthallen der Kölner Turnerschaft 1843, Köln; Praxis Dr. med. Jarosch, Berlin-Steglitz; Privatwohnungen in Berlin und Köln.

Die Durchführung der Untersuchungen in Sporthallen erwies sich als besonders vorteilhaft, da die Untersuchungspersonen gleich in geeigneter Kleidung waren und die Untersuchung selbst die wenigsten Umstände machte. All denen, die mich bei der Herstellung der Serie unterstützten, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Untersuchungspersonen:

Es wurde bei hüftgesunden Personen verschiedener Altersgruppen die passive Beweglichkeit der Hüftgelenke in Winkelgraden gemessen.

Maßgebend für die Eignung der Personen für die Untersuchungsserie waren folgende Kriterien:

1. Die gezielte Anamnese durfte keinen Anhalt geben auf ein Hüftgelenksleiden oder eine andere, die Hüfte möglicherweise berührende Skelettschädigung (im Sinne einer Präarthrose).
2. Es durften keine klinischen Anzeichen einer degenerativen oder pathologischen Veränderung des Hüftgelenks bestehen, es durften also keine Schmerzen bei Bewegung oder Belastung und keine gröbere Einschränkung der Beweglichkeit vorliegen.
3. Die Beanspruchung der Hüftgelenke mußte sich in normalen Grenzen bewegen, d.h. sie durften weder im Alltag besonders geschont worden sein, noch durfte die Beweglichkeit durch Ausübung eines Leistungssportes besonders trainiert worden sein.

Sonst wurde keine Auswahl der Personen vorgenommen.

Erwartungsgemäß war es relativ einfach, die vorliegende Anzahl der jüngeren Jahrgänge zu untersuchen, während es bei den älteren Jahrgängen mitunter etwas schwieriger war, die gewünschte Kontinuität aller Altersstufen zu erhalten.

Insgesamt wurden 195 Untersuchungen durchgeführt, wovon 175 in die statistische Endauswertung genommen wurden. Die jüngste Untersuchungsperson war 6 Monate, die älteste 78 Jahre alt.

Bei 2 Untersuchungspersonen wurden die Vorversuche zum prüfenden Vergleich der verschiedenen Möglichkeiten zur Winkelmessung am Hüftgelenk vorgenommen. 9 Untersuchungen waren Vorversuche zur Einübung und Vervollkommnung der angewandten Technik, 6 mal wurde die Technik durch Vergleichsversuche kontrolliert. 3 Untersuchungen wurden zusätzlich gemacht, weil sie von besonderem Interesse waren.

Dokumentation der Meßergebnisse

Die in den Untersuchungen gewonnenen Informationen wurden auf Karteikarten protokolliert.

Auf jeder Karte wurden nach einem gleichbleibenden Schema festgehalten:

Personalien der Untersuchungsperson, Datum und Ort der Untersuchung, eine kurze, gezielte Anamnese, ein allgemeiner Befund der Hüfte und der Beine und schließlich die einzelnen Meßwerte der passiven Funktionen für links und rechts.

Die gewonnenen Untersuchungsergebnisse wurden nach Geschlecht getrennt und dem Alter nach geordnet.

Zur ersten Übersicht wurden die rechts-links-Mittelwerte jeder Untersuchungsperson in nach den einzelnen Bewegungsformen getrennte Diagramme eingetragen, so daß sich jeweils das Bild einer Punktwolke von Werten ergab. Es wurden Altersgruppen von je 10 Jahren gebildet, wobei darauf geachtet wurde, daß möglichst jeder Jahrgang vertreten war.

Statistische Methodik

Die statistische Auswertung der gefundenen Untersuchungsergebnisse erfolgte durch die elektronischen Datenverarbeitungsmaschinen des Instituts für medizinische Statistik und Dokumentation im Klinikum Berlin-Steglitz.

Für die einzelnen Altersgruppen wurden die Mittelwerte mit der zugehörigen Standardabweichung und dem mittleren Fehler des Mittelwerts bestimmt, für alle gemessenen Werte in den einzelnen Bewegungsarten wurden die Regressionsgeraden und die Korrelationskoeffizienten ausgerechnet. Die Ermittlung der Signifikanzen bei vergleichbaren Werten erfolgte nach der STUDENT-Verteilung.

E ERGEBNISSE DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN

Einteilung in Gruppen

Es wurden 175 Untersuchungen vorgenommen, die in der statistischen Endauswertung berücksichtigt wurden. Die Normalverteilung der Grundgesamtheit darf nach QUETELET [x)] vorausgesetzt werden; Personen mit pathologischen Zuständen und Leistungssportler wurden auf Grund der Untersuchungsbedingungen nicht berücksichtigt. Durch Einhalten der angeführten Technik waren die Untersuchungsbedingungen überall gleich, die Repräsentanz der Werte ist durch die auswahllose Untersuchung verschiedenster Personenkreise an verschiedenen Orten gewährleistet. Um eventuell vorhandene Unterschiede in der Beweglichkeit der rechten und der linken Seite nicht als systematischen Fehler in die Auswertung hineinzubringen, wurde für jede Bewegungsart ein rechts-links-Mittelwert gebildet.

Die kleinste Meßeinheit war 5 Grad, nur ganz vereinzelt wurden größere Differenzen in der Beweglichkeit beider Seiten beobachtet.

x) QUETELET: Die menschlichen Körpermaße sind normalverteilt.

Die Gesamtzahl der Untersuchungswerte wurde in folgende Gruppen eingeteilt:

Männer

1.1.01 - 1.1.10	Flexion 1 - 10 Jahre
1.1.11 - 1.1.30	Flexion 11 - 20 Jahre
1.1.31 - 1.1.50	Flexion 21 - 30 Jahre
1.1.51 - 1.1.60	Flexion 31 - 40 Jahre
1.1.61 - 1.1.70	Flexion 41 - 50 Jahre
1.1.71 - 1.1.80	Flexion 51 - 60 Jahre
1.1.81 - 1.1.85	Flexion über 61 Jahre
1.2.01 - 1.2.10	Extension 1 - 10 Jahre
1.2.11 - 1.2.30	Extension 11 - 20 Jahre
1.2.31 - 1.2.50	Extension 21 - 30 Jahre
1.2.51 - 1.2.60	Extension 31 - 40 Jahre
1.2.61 - 1.2.70	Extension 41 - 50 Jahre
1.2.71 - 1.2.80	Extension 51 - 60 Jahre
1.2.81 - 1.2.85	Extension über 61 Jahre
1.3.01 - 1.3.10	Abduktion 1 - 10 Jahre
1.3.11 - 1.3.30	Abduktion 11 - 20 Jahre
1.3.31 - 1.3.50	Abduktion 21 - 30 Jahre
1.3.51 - 1.3.60	Abduktion 31 - 40 Jahre
1.3.61 - 1.3.70	Abduktion 41 - 50 Jahre
1.3.71 - 1.3.80	Abduktion 51 - 60 Jahre
1.3.81 - 1.3.85	Abduktion über 61 Jahre
1.4.01 - 1.4.10	Adduktion 1 - 10 Jahre
1.4.11 - 1.4.30	Adduktion 11 - 20 Jahre
1.4.31 - 1.4.50	Adduktion 21 - 30 Jahre
1.4.51 - 1.4.60	Adduktion 31 - 40 Jahre
1.4.61 - 1.4.70	Adduktion 41 - 50 Jahre
1.4.71 - 1.4.80	Adduktion 51 - 60 Jahre
1.4.81 - 1.4.85	Adduktion über 61 Jahre
1.5.01 - 1.5.10	Innenrotation 1 - 10 Jahre
1.5.11 - 1.5.30	Innenrotation 11 - 20 Jahre
1.5.31 - 1.5.50	Innenrotation 21 - 30 Jahre
1.5.51 - 1.5.60	Innenrotation 31 - 40 Jahre
1.5.61 - 1.5.70	Innenrotation 41 - 50 Jahre
1.5.71 - 1.5.80	Innenrotation 51 - 60 Jahre
1.5.81 - 1.5.85	Innenrotation über 61 Jahre
1.6.01 - 1.6.10	Außenrotation 1 - 10 Jahre
1.6.11 - 1.6.30	Außenrotation 11 - 20 Jahre
1.6.31 - 1.6.50	Außenrotation 21 - 30 Jahre
1.6.51 - 1.6.60	Außenrotation 31 - 40 Jahre
1.6.61 - 1.6.70	Außenrotation 41 - 50 Jahre
1.6.71 - 1.6.80	Außenrotation 51 - 60 Jahre
1.6.81 - 1.6.85	Außenrotation über 61 Jahre

Frauen

2.1.01 - 2.1.10	Flexion 1 - 10 Jahre
2.1.11 - 2.1.30	Flexion 11 - 20 Jahre
2.1.31 - 2.1.50	Flexion 21 - 30 Jahre
2.1.51 - 2.1.60	Flexion 31 - 40 Jahre
2.1.61 - 2.1.70	Flexion 41 - 50 Jahre
2.1.71 - 2.1.80	Flexion 51 - 60 Jahre
2.1.81 - 2.1.85	Flexion über 61 Jahre
2.2.01 - 2.2.10	Extension 1 - 10 Jahre
2.2.11 - 2.2.30	Extension 11 - 20 Jahre
2.2.31 - 2.2.50	Extension 21 - 30 Jahre
2.2.51 - 2.2.60	Extension 31 - 40 Jahre
2.2.61 - 2.2.70	Extension 41 - 50 Jahre
2.2.71 - 2.2.80	Extension 51 - 60 Jahre
2.2.81 - 2.2.85	Extension über 61 Jahre
2.3.01 - 2.3.10	Abduktion 1 - 10 Jahre
2.3.11 - 2.3.30	Abduktion 11 - 20 Jahre
2.3.31 - 2.3.50	Abduktion 21 - 30 Jahre
2.3.51 - 2.3.60	Abduktion 31 - 40 Jahre
2.3.61 - 2.3.70	Abduktion 41 - 50 Jahre
2.3.71 - 2.3.80	Abduktion 51 - 60 Jahre
2.3.81 - 2.3.85	Abduktion über 61 Jahre
2.4.01 - 2.4.10	Adduktion 1 - 10 Jahre
2.4.11 - 2.4.30	Adduktion 11 - 20 Jahre
2.4.31 - 2.4.50	Adduktion 21 - 30 Jahre
2.4.51 - 2.4.60	Adduktion 31 - 40 Jahre
2.4.61 - 2.4.70	Adduktion 41 - 50 Jahre
2.4.71 - 2.4.80	Adduktion 51 - 60 Jahre
2.4.81 - 2.4.85	Adduktion über 61 Jahre
2.5.01 - 2.5.10	Innenrotation 1 - 10 Jahre
2.5.11 - 2.5.30	Innenrotation 11 - 20 Jahre
2.5.31 - 2.5.50	Innenrotation 21 - 30 Jahre
2.5.51 - 2.5.60	Innenrotation 31 - 40 Jahre
2.5.61 - 2.5.70	Innenrotation 41 - 50 Jahre
2.5.71 - 2.5.80	Innenrotation 51 - 60 Jahre
2.5.81 - 2.5.85	Innenrotation über 61 Jahre
2.6.01 - 2.6.10	Außenrotation 1 - 10 Jahre
2.6.11 - 2.6.30	Außenrotation 11 - 20 Jahre
2.6.31 - 2.6.50	Außenrotation 21 - 30 Jahre
2.6.51 - 2.6.60	Außenrotation 31 - 40 Jahre
2.6.61 - 2.6.70	Außenrotation 41 - 50 Jahre
2.6.71 - 2.6.80	Außenrotation 51 - 60 Jahre
2.6.81 - 2.6.85	Außenrotation über 61 Jahre

Zusätzlich wurden noch ausgewertet:

Männer

1.1.91 - 1.1.95	Flexion	über 71 Jahre
1.2.91 - 1.2.95	Extension	über 71 Jahre
1.3.91 - 1.3.95	Abduktion	über 71 Jahre
1.4.91 - 1.4.95	Adduktion	über 71 Jahre
1.5.91 - 1.5.95	Innenrotation	über 71 Jahre
1.6.91 - 1.6.95	Außenrotation	über 71 Jahre

Berechnung der Parameter für die einzelnen Gruppen

In den einzelnen Gruppen wurden als Parameter für die Beweglichkeit jeweils bestimmt:

Mittelwert: $\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot S_y$ (1) y = Grad

Standardabweichung: $s_y = \sqrt{\frac{S\,(y-\bar{y})^2}{n-1}}$ (2)

mittl. Fehler des Mittelwertes: $S_{\bar{y}} = \frac{s_y}{\sqrt{n}}$ (3)

Der Stichprobenumfang hatte in den einzelnen Altersgruppen folgende Werte:

1 - 10 Jahre:	n = 10
11 - 20 Jahre:	n = 20
21 - 30 Jahre:	n = 20
31 - 40 Jahre:	n = 10
41 - 50 Jahre:	n = 10
51 - 60 Jahre:	n = 10
über 61 Jahre:	n = 5
über 71 Jahre (bei Männern):	n = 5

Alle Werte wurden durch die elektronischen Datenverarbeitungsmaschinen bis auf 4 Stellen hinter dem Komma genau ausgerechnet. Es sind hier nur 2 Stellen hinter dem Komma wiedergegeben.

A. Männer

1. Flexion		2. Extension	
01 - 10	(1) = 132,00	01 - 10	(1) = 18,75
	(2) = 7,05		(2) = 2,42
	(3) = 2,22		(3) = 0,76
11 - 30	(1) = 131,25	11 - 30	(1) = 21,50
	(2) = 6,46		(2) = 4,00
	(3) = 1,44		(3) = 0,89
31 - 50	(1) = 127,00	31 - 50	(1) = 20,25
	(2) = 7,97		(2) = 5,49
	(3) = 1,78		(3) = 1,22
51 - 60	(1) = 126,00	51 - 60	(1) = 17,75
	(2) = 7,83		(2) = 4,63
	(3) = 2,47		(3) = 1,46
61 - 70	(1) = 123,75	61 - 70	(1) = 15,00
	(2) = 3,77		(2) = 5,77
	(3) = 1,19		(3) = 1,82
71 - 80	(1) = 122,25	71 - 80	(1) = 15,25
	(2) = 9,60		(2) = 3,98
	(3) = 3,03		(3) = 1,26
81 - 85	(1) = 116,50	81 - 85	(1) = 10,00
	(2) = 4,18		(2) = 3,95
	(3) = 1,87		(3) = 1,76
91 - 95	(1) = 108,00	91 - 95	(1) = 9,00
	(2) = 4,47		(2) = 2,23
	(3) = 2,00		(3) = 1,00

3. Abduktion

01 - 10	(1) = 49,75
	(2) = 5,94
	(3) = 1,88
11 - 30	(1) = 46,25
	(2) = 6,36
	(3) = 1,42
31 - 50	(1) = 47,125
	(2) = 7,70
	(3) = 1,72
51 - 60	(1) = 43,50
	(2) = 4,59
	(3) = 1,45
61 - 70	(1) = 38,50
	(2) = 6,25
	(3) = 1,97
71 - 80	(1) = 40,00
	(2) = 6,34
	(3) = 2,00
81 - 85	(1) = 32,50
	(2) = 3,53
	(3) = 1,58
91 - 95	(1) = 29,00
	(2) = 4,18
	(3) = 1,87

4. Adduktion

01 - 10	(1) = 26,25
	(2) = 4,89
	(3) = 1,54
11 - 30	(1) = 28,375
	(2) = 7,03
	(3) = 1,57
31 - 50	(1) = 33,25
	(2) = 8,43
	(3) = 1,88
51 - 60	(1) = 26,50
	(2) = 3,37
	(3) = 1,06
61 - 70	(1) = 24,25
	(2) = 5,77
	(3) = 1,82
71 - 80	(1) = 30,25
	(2) = 13,86
	(3) = 4,38
81 - 85	(1) = 26,00
	(2) = 10,69
	(3) = 4,78
91 - 95	(1) = 21,00
	(2) = 1,36
	(3) = 0,61

5. Innenrotation		6. Außenrotation	
01 - 10	(1) = 46,75	01 - 10	(1) = 51,25
	(2) = 6,46		(2) = 3,17
	(3) = 2,04		(3) = 1,00
11 - 30	(1) = 45,75	11 - 30	(1) = 51,875
	(2) = 8,43		(2) = 5,95
	(3) = 1,88		(3) = 1,33
31 - 50	(1) = 41,625	31 - 50	(1) = 48,75
	(2) = 8,08		(2) = 5,76
	(3) = 1,80		(3) = 1,28
51 - 60	(1) = 38,00	51 - 60	(1) = 48,75
	(2) = 7,34		(2) = 6,15
	(3) = 2,32		(3) = 1,94
61 - 70	(1) = 38,50	61 - 70	(1) = 45,25
	(2) = 5,67		(2) = 7,11
	(3) = 1,79		(3) = 2,25
71 - 80	(1) = 37,00	71 - 80	(1) = 48,50
	(2) = 7,61		(2) = 4,88
	(3) = 2,40		(3) = 1,54
81 - 85	(1) = 30,50	81 - 85	(1) = 42,00
	(2) = 8,36		(2) = 6,93
	(3) = 3,74		(3) = 3,10
91 - 95	(1) = 20,50	91 - 95	(1) = 41,50
	(2) = 9,90		(2) = 6,98
	(3) = 4,43		(3) = 3,12

B. Frauen

1. Flexion		2. Extension	
01 - 10	(1) = 138,25	01 - 10	(1) = 20,75
	(2) = 9,20		(2) = 3,12
	(3) = 2,91		(3) = 0,98
11 - 30	(1) = 130,00	11 - 30	(1) = 24,50
	(2) = 9,06		(2) = 5,03
	(3) = 2,02		(3) = 1,12
31 - 50	(1) = 130,875	31 - 50	(1) = 23,375
	(2) = 5,08		(2) = 4,31
	(3) = 1,13		(3) = 0,96
51 - 60	(1) = 129,75	51 - 60	(1) = 18,50
	(2) = 5,45		(2) = 8,18
	(3) = 1,72		(3) = 2,58
61 - 70	(1) = 126,75	61 - 70	(1) = 14,50
	(2) = 9,79		(2) = 5,50
	(3) = 3,09		(3) = 1,74
71 - 80	(1) = 126,75	71 - 80	(1) = 12,25
	(2) = 7,73		(2) = 3,42
	(3) = 2,44		(3) = 1,08
81 - 85	(1) = 130,00	81 - 85	(1) = 13,00
	(2) = 3,06		(2) = 7,78
	(3) = 1,36		(3) = 3,48

3. Abduktion		4. Adduktion	
01 - 10	(1) = 52,25 (2) = 15,32 (3) = 4,84	01 - 10	(1) = 36,00 (2) = 8,01 (3) = 2,53
11 - 30	(1) = 49,75 (2) = 11,05 (3) = 2,47	11 - 30	(1) = 37,00 (2) = 7,14 (3) = 1,59
31 - 50	(1) = 41,875 (2) = 5,24 (3) = 1,17	31 - 50	(1) = 31,25 (2) = 5,59 (3) = 1,25
51 - 60	(1) = 39,25 (2) = 9,20 (3) = 2,91	51 - 60	(1) = 27,00 (2) = 10,26 (3) = 3,24
61 - 70	(1) = 39,50 (2) = 6,32 (3) = 2,00	61 - 70	(1) = 28,25 (2) = 7,91 (3) = 2,50
71 - 80	(1) = 34,25 (2) = 3,34 (3) = 1,05	71 - 80	(1) = 25,00 (2) = 4,56 (3) = 1,44
81 - 85	(1) = 33,50 (2) = 3,79 (3) = 1,69	81 - 85	(1) = 22,00 (2) = 6,22 (3) = 2,78

5. Innenrotation		6. Außenrotation	
01 - 10	(1) = 51,75 (2) = 4,09 (3) = 1,29	01 - 10	(1) = 46,75 (2) = 5,14 (3) = 1,62
11 - 30	(1) = 47,125 (2) = 6,75 (3) = 1,50	11 - 30	(1) = 47,375 (2) = 5,70 (3) = 1,27
31 - 50	(1) = 48,875 (2) = 5,46 (3) = 1,22	31 - 50	(1) = 44,125 (2) = 6,13 (3) = 1,37
51 - 60	(1) = 45,25 (2) = 2,99 (3) = 0,94	51 - 60	(1) = 43,50 (2) = 7,09 (3) = 2,24
61 - 70	(1) = 43,75 (2) = 5,92 (3) = 1,87	61 - 70	(1) = 41,50 (2) = 4,11 (3) = 1,30
71 - 80	(1) = 43,00 (2) = 4,53 (3) = 1,43	71 - 80	(1) = 41,75 (2) = 5,65 (3) = 1,78
81 - 85	(1) = 37,00 (2) = 10,06 (3) = 4,50	81 - 85	(1) = 41,00 (2) = 9,11 (3) = 4,07

Die errechneten Werte sind in Diagramme (D 1 - 12) eingetragen. Es wird ersichtlich, daß neben der Streuung eine stetige Abnahme der Werte vorliegt.

Besonders bei der Betrachtung der Männergruppe über 71 Jahre zeigt sich, daß die Funktionen deutlich abnehmen, daß aber die Funktionstüchtigkeit in allen Bewegungsarten erhalten ist.

Berechnung von Regression und Korrelation in den einzelnen Bewegungsarten

In jeder Bewegungsart wurden für alle Altersgruppen zusammen ermittelt:

gemeinsamer Mittelwert

$\bar{x}$ für Alter und $\bar{y}$ für Grad entsprechend Gleichung (1)

Regressionskoeffizient: $$b_{xy} = \frac{s_{xy}}{s_x^2} \qquad (4)$$

Korrelationskoeffizient: $$r = b \cdot \frac{s_x}{s_y} \qquad (5)$$

Es wurden nur die bei Männern und Frauen einander entsprechenden Altersgruppen von 1 - 10 bis über 61 berücksichtigt, der Stichprobenumfang betrug jeweils n = 85.

Mit dem Prüfquotienten: $$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}} \qquad (6)$$

wurden die Signifikanzen des Unterschieds der Korrelationskoeffizienten gegen 0 berechnet.

Als Signifikanzwahrscheinlichkeit wurde 2 $\alpha = 0,01$ gewählt, die entsprechende Signifikanzschranke für n = 85 beträgt

$$t_{0,01;85} = 2,6350$$

Bei Erreichen oder Übersteigen dieser Signifikanzschranke durch den Prüfgrößenwert t ist der signifikante Unterschied des Korrelationskoeffizienten von 0 und damit die gefundene Regression gesichert.

Die Linearität der einzelnen Regressionsfunktionen läßt sich aus der Verteilung der Mittelwerte in den Diagrammen (D 1 - 12) erschließen.

Es ergaben sich folgende Werte:

1. Männer: n = 85 mittl. Alter $\bar{x} = 30.12$

1. Flexion $\bar{y} = 126,91$	(4) = - 0.2318 (5) = - 0.5050 t = 5.3303	$> t_{0.01}$
2. Extension $\bar{y} = 18,26$	(4) = - 0.1531 (5) = - 0.5001 t = 3.0376	$> t_{0.01}$
3. Abduktion $\bar{y} = 44,08$	(4) = - 0.2422 (5) = - 0.5592 t = 6.1451	$> t_{0.01}$
4. Adduktion $\bar{y} = 28,64$	(4) = - 0.0210 (5) = - 0.0444 t = 0.4049	$< t_{0.01}$
5. Innenrotation $\bar{y} = 41,20$	(4) = - 0.2460 (5) = - 0.5064 t = 5.3502	$> t_{0.01}$
6. Außenrotation $\bar{y} = 48,94$	(4) = - 0.1291 (5) = - 0.3697 t = 3.6249	$> t_{0.01}$

2. Frauen: n = 85 mittl. Alter $\bar{x}$ = 30.08

1. Flexion $\bar{y}$ = 130,38	(4) = - 0.1101 (5) = - 0.2436 t = 2.2882	$< t_{0.01}$
2. Extension $\bar{y}$ = 19,79	(4) = - 0.2319 (5) = - 0.6006 t = 6.8435	$> t_{0.01}$
3. Abduktion $\bar{y}$ = 43,67	(4) = - 0.3727 (5) = - 0.5800 t = 6.4865	$> t_{0.01}$
4. Adduktion $\bar{y}$ = 31,02	(4) = - 0.2518 (5) = - 0.5303 t = 5.6985	$> t_{0.01}$
5. Innenrotation $\bar{y}$ = 46,38	(4) = - 0.1891 (5) = - 0.5110 t = 5.4159	$> t_{0.01}$
6. Außenrotation $\bar{y}$ = 44,35	(4) = - 0.1338 (5) = - 0.3829 t = 3.7761	$> t_{0.01}$

Der gemeinsame Mittelwert sowie der Verlauf der Regressionsgeraden sind in den einzelnen Diagrammen (D 1 - 12) eingezeichnet.

Die errechneten gemeinsamen Mittelwerte sind vergleichbar mit den von den verschiedenen Autoren angegebenen Funktionswerten. Zweckmäßigerweise werden die mathematisch genauen Stichprobenergebnisse vereinfacht und auf die kleinste Maßeinheit von 5 Grad reduziert, da in der Praxis genauere Messungen nicht durchgeführt werden können.

Wie die Diagramme zeigen, nehmen die Funktionswerte in Abhängigkeit vom Alter kontinuierlich ab. Die Anschauung spricht nicht gegen eine lineare Regression. Der Unterschied des Korrelationskoeffizienten gegen) und damit die Regression ließen sich bei der Signifikanzwahrscheinlichkeit 2α = 0.01 für fast alle Funktionen sichern.

Lediglich für die Adduktion der Männer und die Flexion der Frauen ließ sich mit den Werten der vorliegenden Stichprobe eine von 0 signifikant verschiedene Regression innerhalb der angewendeten Signifikanzwahrscheinlichkeit nicht nachweisen. Der Kurvenverlauf für die Adduktion der Männer ist durch besonders große Variationen vor allem in den hohen Altersstufen gekennzeichnet, eine den anderen Funktionen entsprechende Abhängigkeit dürfte mit steigendem Stichprobenumfang gefunden werden.

Die Funktionswerte für die Flexion bei den Frauen lassen optisch eine Abhängigkeit erkennen. Für eine Signifikanzwahrscheinlichkeit von 2 $\alpha = 0,05$ konnte die Regression gesichert werden:

$$t = 2,2882 \quad > t_{0,05;85} = 1,9883$$

In der Abnahme der Werte zeigen sich die alternsabhängigen Veränderungen im funktionellen Bereich.

Auch hier ist es sinnvoll, die mathematisch genauen Ergebnisse für den praktischen Gebrauch auf die kleinste Maßeinheit von 5 Grad zu vereinfachen.

Im Bezug auf die Fragestellung kann folgendes Ergebnis formuliert werden:

Als Norm für die passive Hüftgelenkbeweglichkeit gelten folgende Funktionswerte:

Flexion:	125 - 130
Extension:	20
Abduktion:	45
Adduktion:	30
Innenrotation:	Männer 40 / Frauen 45
Außenrotation:	Männer 50 / Frauen 45

Sie verändern sich kontinuierlich und sind bei Kindern jeweils um 5 Grad höher, bei alten Menschen von etwa 60 Jahren um 5 Grad niedriger.

Das Gesamtspektrum der alternsabhängigen Veränderungen liegt in der Größenordnung von 10 Grad - 15 Grad. Eine Übersicht über die Funktionswerte und ihre alternsabhängige Veränderungen gibt die Tabelle (T 2).

Vergleich der Funktionswerte von Männern und Frauen

Die Unterschiede zwischen den gemeinsamen Mittelwerten für die verschiedenen Bewegungsarten bei Männern und Frauen wurden mit dem Prüfquotient

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1 + S_2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}} \qquad (7)$$

auf ihre Signifikanz hin untersucht.

Auch hier wurde als Signifikanzwahrscheinlichkeit $2 \alpha = 0.01$ genommen, die Signifikanzschranke für $n = 85$ beträgt $t_{0.01;85} = 2.6350$.

Ein Unterschied ist bei der verwendeten Signifikanzwahrscheinlichkeit gesichert, wenn der Prüfgrößenwert t diese Signifikanzschranke erreicht oder überschreitet.

Die errechneten Prüfgrößen hatten folgende Werte:

Flexion	$t = 2.2625$	$< t_{0.01}$
Extension	$t = 1.7021$	$< t_{0.01}$
Abduktion	$t = 0.1852$	$< t_{0.01}$
Adduktion	$t = 1.4357$	$< t_{0.01}$
Innenrotation	$t = 3.7612$	$> t_{0.01}$
Außenrotation	$t = 3.0738$	$> t_{0.01}$

Für Flexion, Extension, Abduktion und Adduktion ließ sich ein signifikanter Unterschied an Hand der vorliegenden Stichprobe nicht sichern.

Die gefundenen Unterschiede bei Innenrotation und Außenrotation sind signifikant.

Als Ergebnis wird festgehalten:

Bei der Innenrotation liegen die Funktionswerte der Frauen um etwa 5 Grad höher als die der Männer, bei der Außenrotation ist die Beweglichkeit der Männer um etwa 5 Grad größer als die der Frauen.

Einzeluntersuchungen von besonderem Interesse

Von besonderem Interesse waren 3 Einzeluntersuchungen, deren Werte nicht in der Auswertung enthalten sind.

1. Ein 6jähriger Junge, der wegen einer Hüftgelenksubluxation im Alter von 1/2 bis 1 Jahr ein Spreizhöschen tragen mußte, war in seiner Beweglichkeit dem Alter entsprechend einzustufen. Lediglich Abduktions- und Extensionsausmaß ließen einen Rückschluß auf die frühere Behinderung der Beweglichkeit zu.
2. Eine 46jährige Frau, die seit 15 Jahren wegen eines Wirbelsäulenschadens ein Stützkorsett trägt und in ihrer normalen Beweglichkeit gehemmt ist, zeigte in allen Bewegungsarten deutlich niedrigere Funktionswerte als ihrem Alter entsprechend zu erwarten war.
3. Eine 54jährige, aktive Gymnastiklehrerin, die lange Zeit ein Ballettraining absolviert hat, konnte Funktionswerte bieten, die weit über dem entsprechenden Altersdurchschnitt lagen. Lediglich die Rotationsbewegungen waren altersentsprechend.

Die Werte dieser einzelnen Sonderuntersuchungen sind in den Diagrammen (D 1 - 12) besonders gekennzeichnet.

F DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Problematik aus Literaturüberblick

Die Prüfung der passiven Beweglichkeit und der Vergleich der gefundenen Funktionswerte mit einer Norm sind von großer Bedeutung für die Diagnostik des Hüftgelenks.

Es soll eine gültige Norm für die passive Hüftgelenkbeweglichkeit aufgestellt werden, die auf einem allgemeingültigen, einheitlichen Ermittlungsverfahren beruht und die alternsabhängigen Veränderungen berücksichtigt.

Einheitliches Vorgehen als Voraussetzung für vergleichende Untersuchungen

Wie die Tabelle (T 1) zeigt, weisen die Angaben in der Literatur über die Beweglichkeit des Hüftgelenks erhebliche Unterschiede auf, die zu erklären sind durch unterschiedliche Methodik und Technik bei der Beschreibung der Bewegungen und der Messung ihres Ausmaßes.

Im Kapitel "Winkelmessung am Hüftgelenk" werden die verschiedenen Möglichkeiten dargestellt. Sie werden dabei miteinander verglichen und nach den Kriterien einer sinnvollen klinischen Brauchbarkeit bewertet; denn wegen der Wichtigkeit der Beweglichkeitsprüfung ist ein einheitliches Vorgehen dringend erforderlich. Nur unter der Voraussetzung eines einheitlichen Vorgehens sind Vergleiche mit einer Norm möglich.

Die Auswahl aus dem Angebot der verschiedenen Möglichkeiten erfolgte nach den Kriterien der Gültigkeit der Methode, der klinischen Anwendbarkeit der Technik und der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Beobachtungs- und Ablesemöglichkeit. Es ergibt sich folgendes Schema für die Messung der Hüftgelenkbeweglichkeit:

1. Die im Gelenk ausgeführten Bewegungen werden zur Beschreibung zerlegt in drei Grundbewegungsarten um drei Hauptachsen. Sie sind definiert als Flexion und Extension, Abduktion und Adduktion, Innenrotation und Außenrotation.

   In den genau bestimmten Ebenen lassen sich die Endwerte der Bewegungsausschläge feststellen. Es werden nur Messungen dieser Grundbewegungen vorgenommen.

2. Die Messung der Bewegungsausschläge erfolgt durch direkte Winkelmessung am Gelenk.

3. Die Messung wird vorgenommen nach der Einheitsgelenkmessungsmethode der AAOS (1). Die Technik des Vorgehens im Einzelnen ist im Kapitel "Methodik und Material der eigenen Untersuchungen dargestellt (Ausgangsstellung, Verfahren bei Anlegen und Ablesen des Winkelmeßgerätes für die einzelnen Bewegungsarten).

4. Das Bewegungsausmaß wird nach der Neutral-Null-Methode der AAOS (1) direkt in Winkelgraden angegeben.

5. Als Winkelmeßgeräte können alle Instrumente benutzt werden, bei denen sich die Winkelgrade übereinstimmend mit den tatsächlich durch die Bewegung erreichten Werten einstellen und exakt ablesen lassen. Voraussetzung dafür sind eine ausreichende Länge der Schenkel zum genauen Anlegen an die entsprechenden Referenzlinien der bewegten Glieder und eine Gradeinteilung mit genauer Ablesemöglichkeit der erreichten Zeigerstellung.

Ausschaltung von stark variierenden Werten als Voraussetzung für die Aufstellung einer Norm

Die Streubreite der Werte ist daneben als ein Ergebnis der biologischen Streuung zu erklären. Durch verschiedene Faktoren kann das Bewegungsausmaß variieren:

Vererbung und Konstitutionstyp spielen eine Rolle, psychische Faktoren wie Angst oder Stress können sie beeinflussen, besonders die aktive Beweglichkeit ist sehr stark abhängig vom persönlichen Einsatz des Probanden, durch Training kann die Beweglichkeit vermehrt, durch besondere Schonung im Alltag kann sie herabgesetzt sein, pathologische Zustände ergeben ein vollkommen verändertes Bild.

Um eine Norm aufzustellen (HEIMENDINGER (21): Der Begriff der biologischen Norm umfaßt den Durchschnitt bei Abwesenheit von Mißbildungen) müssen die stark variierenden Werte von vornherein ausgeschaltet sein:

1. Es wurden nur hüftgesunde Personen untersucht, pathologische Veränderungen wurden nicht berücksichtigt.
2. Es wurde nur die passive Beweglichkeit gemessen, um eine Abhängigkeit von der willkürlichen Beeinflussung durch die Untersuchungsperson zu vermeiden.
3. Die Hüftgelenke mußten normal beansprucht sein, durften also weder besonders geschont noch durch Ausübung eines Leistungssports besonders trainiert worden sein.

Berücksichtigung von alternsabhängigen Veränderungen

Als Faktor von wesentlicher Bedeutung beeinflußt der Alterungsprozeß das Bewegungsausmaß der Gelenke. Eine Veränderung der Hüftgelenkbeweglichkeit in Abhängigkeit vom Alter wird bei keinem der Autoren dargestellt. Die Werte eines erwachsenen Menschen im Al-

ter von 25 bis 45 Jahren werden als repräsentativ angesehen und als Konstante angegeben.

Es gibt jedoch das Bild der Altershüfte mit ihren spezifischen Veränderungen. Mit dem Begriff "Altershüfte" wird ein Zustand bezeichnet, der sich im höheren Lebensalter manifestiert, er ist Gegenstand der statischen Alternsforschung nach BÜRGER (7). Die dynamische Alternsforschung (BÜRGER (7)) dagegen erforscht die funktionellen Änderungen des Organismus im Laufe des Alterungsprozesses, die mit dem Begriff "alternsabhängige Veränderungen" beschrieben werden.

Die alternsabhängige Veränderung der Hüftgelenkbeweglichkeit wurde hier untersucht.

Theoretische Definition der alternsabhängigen Veränderungen

Es handelt sich dabei um die morphologischen und funktionellen Umwandlungen der Gewebe, die als Folge der in den Grundsubstanzen ablaufenden Vorgänge auftreten.

STEINMANN (40) spricht diesen Veränderungen selbst pathogenetischen Effekt zu. Nach seiner Auffassung erreichen sie im Laufe der Zeit einen solchen Grad, daß sie ohne weiteren Anlaß zu klinischen Manifestationen führen; das Vorhandensein einer Präarthrose im Sinne HACKENBROCH'S (22) bezeichnet er lediglich als eine Akzeleration dieses Vorganges. Eine Arthrose tritt nach seiner Darstellung auf jeden Fall ein, und es gibt keine Trennung zwischen einem normalen Altersgelenk und einem degenerativ veränderten Gelenk.

Diese Trennung muß jedoch vollzogen werden; denn es gibt das Bild der Altershüfte, wie es von den Autoren HACKENBROCH (22), RUTISHAUSER (34), BAUD (3) und VERAGUTH (43) beschrieben wird.

Sie erkennen ganz spezifische Merkmale, die regelmäßig auftreten und sich von den pathologischen Zuständen klar unterscheiden. Sie sprechen von den normalen Altersformen des Hüftgelenks, die in keinem kausalen Zusammenhang stehen mit den degenerativen Alterskrankheiten (JENTSCHURA (23)). Diese sind abhängig vom Bestehen einer Präarthrose (HACKENBROCH (22)).

Neben den morphologischen Merkmalen ist die Altershüfte durch eine verminderte Funktionsfähigkeit charakterisiert. Es muß auch funktionell klar unterschieden werden zwischen einem Altersgelenk und einem jugendlichen Gelenk einerseits und einem Altersgelenk und einem pathologisch veränderten, z. B. arthrotischen Gelenk andererseits.

Im Gegensatz zu STEINMANN's (40) Auffassung ist nicht jede Alternsveränderung pathogenetisch und das Auftreten der folgenden Arthrose zwangsläufig und lediglich durch eine Streuung der Werte zeitlich verschieden; "denn", so sagt JENTSCHURA (23), "sonst müßte jeder Mensch von einem bestimmten Alter an seine Arthrose bekommen".

Die Gruppe der untersuchten Männer über 71 Jahre zeigt, daß die Funktionswerte zwar gegenüber den jüngeren Untersuchungspersonen niedriger liegen, daß jedoch die Gelenke ihre Funktionstüchtigkeit in allen Bewegungsarten bewahrt haben.

Die alternsabhängigen Veränderungen der Hüftgelenkbeweglichkeit sind physiologischer Art und gehören zum Gesamtbild des biologischen Alternsvorgangs. Wenn die Funktionsfähigkeit arthrotisch eingeschränkt ist, so muß eine Präarthrose im Sinne HACKENBROCH's (22) vorliegen, unter Umständen durch die Summation mehrerer Mikrotraumen (FRIEDEBOLD (19)).

Diagnose: gesunde Hüfte - pathologische Hüfte, besonders im Alter

Diese theoretisch klare Trennung zwischen den physiologischen Alternsveränderungen auf der einen Seite und den pathologischen Zuständen auf der anderen Seite ist in der klinischen Praxis nicht so leicht durchzuführen, da es für das zeitliche Auftreten der Arthrosen keine festgesteckten Grenzen, sondern fließende Übergänge gibt. Die Unterschiede werden durch verschiedene Entwicklungsstadien und Kombinationsformen verwischt. Klarer ist die Entscheidung bei den primären Gelenkschäden, z. B. durch entzündliche oder traumatische Veränderungen usw.. Die Diagnose muß im Einzelfall durch Beurteilung von Schmerzen, Reizzustand, Belastungs- und Leistungsvermögen und Röntgenbild zusammen erfolgen.

Ziel ist die eindeutige Entscheidung, ob es sich um ein gesundes Gelenk handelt oder ob irgendwelche pathologischen Veränderungen vorliegen. Ein einfacher und objektiver Test ist die Prüfung der passiven Gelenkbeweglichkeit und ein Vergleich der gefundenen Werte mit der Norm. Da die Probleme zwangsläufig besonders beim alten Patienten auftreten, ist die Voraussetzung dafür das Bestehen einer Norm, die die Veränderung der Hüftgelenkbeweglichkeit im Ablauf des physiologischen Alterns berücksichtigt.

Norm für die passive Hüftgelenkbeweglichkeit unter Berücksichtigung der alternsabhängigen Veränderungen

Mit dem beschriebenen einheitlichen Vorgehen wurde die passive Beweglichkeit der Hüftgelenke von 195 Personen untersucht. Die gefundenen Funktionswerte wurden gesammelt und statistisch ausgewertet.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Die passive Hüftgelenkbeweglichkeit nimmt im Laufe des Alterns ab, die Funktionstüchtigkeit bleibt jedoch auch im Alter in allen Bewegungsarten erhalten.

2. Der Verlauf der alternsabhängigen Veränderungen für die einzelnen Bewegungsarten ließ sich in linearen Regressionen ausdrücken und konnte bis auf eine Ausnahme statistisch gesichert werden.

3. Es wurde eine Norm für die passive Beweglichkeit aufgestellt, wobei die statistisch errechneten Ergebnisse reduziert wurden auf die kleinste Maßeinheit von 5 Grad. Die Werte sind in einer Tabelle zusammengefaßt (T 2).

4. Die alternsabhängigen Veränderungen der passiven Hüftgelenkbeweglichkeit werden berücksichtigt, indem neben den Funktionswerten für Erwachsene im Alter von 25 - 35 Jahren die Werte für Kinder und für alte Leute von etwa 60 Jahren angegeben werden. Das Gesamtspektrum der Veränderungen beträgt jeweils etwa 10 Grad.

Wenn man die Ergebnisse vergleicht mit den Werten, die in der Literatur angegeben sind (T 1), so zeigt sich, daß einige Differenzen bestehen.

Zum Teil sind sie zu erklären durch die Anwendung verschiedener Untersuchungstechniken.

Andererseits sind die angegebenen Schwankungen als Ausdruck der alternsabhängigen Veränderungen zu deuten.

Bei den vorliegenden Ergebnissen werden diese Veränderungen in der Norm berücksichtigt. Damit wird der Schwankungsbereich kleiner und eine alternsgemäße Einstufung von gefundenen Funktionswerten ermöglicht.

Interpretation des Verlaufs der Veränderungen

Der Verlauf dieser alternsabhängigen Veränderungen läßt sich mit einem lateinischen Satz interpretieren, den BÜRGER (7) seinen Betrachtungen über die Alternsphysiologie voranstellt: "nascentes morimur".

Das Altern ist ein Urphänomen des Lebens und beginnt mit der Geburt. Eine Erklärung dafür zu geben, ist nicht möglich, es lassen sich lediglich die Symptome beschreiben.

Die Frage, ob der Alterungsvorgang in mehreren Phasen und an den einzelnen Organsystemen heterochron abläuft, oder ob der Verlauf allgemein synchron ist und ein vorzeitig oder verspätet erscheinendes Altern einzelner Organismen als eine Störung der Harmonie angesehen werden muß, ist eine spezielle Frage der dynamischen Alternsforschung und soll hier nicht geklärt werden. Wichtig ist jedoch das Ergebnis, daß es diesen kontinuierlich ablaufenden Vorgang gibt, und daß er sich auch im Bereich von funktionellen Leistungen meßbar abzeichnet:

Die Werte für die passive Hüftgelenkbeweglichkeit sind nicht konstant, sondern nehmen im Laufe des physiologischen Alterungsprozesses ab.

Abhängigkeit des Bewegungsausmaßes von anderen Faktoren

Es gibt neben den alternsabhängigen Veränderungen andere Faktoren, die die Hüftgelenkbeweglichkeit variieren können. Zusätzlich zur eigentlichen Fragestellung wurden die Werte der männlichen und weiblichen Untersuchungspersonen miteinander verglichen. Folgendes Ergebnis wurde registriert:

Bei der Innenrotation liegen die Funktionswerte der Frauen, bei der Außenrotation die der Männer jeweils um 5 Grad höher.

Bei den anderen Bewegungsarten wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Zwischen den Werten für die rechte und linke Seite wurden nur vereinzelt Unterschiede festgestellt, die nicht im Bereich der allgemeinen Fehlerbreite lagen.

Besondere Einzelbeobachtungen

3 Einzeluntersuchungen wurden gemacht, weil sie von besonderem Interesse waren.

Bei dem Vergleich mit den Werten der entsprechenden Altersgruppe zeigte sich, daß bei einem 6jährigen Jungen mit Zustand nach Hüftgelenksubluxation mit Spreizhöschenbehandlung die Funktion der Abduktion und der Extension leicht unter dem Durchschnitt lagen, während die anderen Werte normal waren.

Bei einer 46jährigen Frau, die seit 15 Jahren ein beweglichkeitshemmendes Stützkorsett trägt, lagen die Werte deutlich niedriger als der zugehörige Altersdurchschnitt. Dagegen hatte eine 54jährige aktive Gymnastiklehrerin mit langjährigem Ballettraining sehr hohe Beweglichkeitswerte mit Ausnahme der Rotationen.

Diese Einzelbeobachtungen zeigen, daß verschiedene Einflüsse die Beweglichkeit des Hüftgelenks verändern können.

Weitere Auswertungsmöglichkeiten

Weitere Faktoren, die eine starke Streuung der Werte erwarten lassen, die über das Normalmaß hinausgehen, wurden bei Vornahme der Untersuchungen möglichst ausgeschaltet.

Interessant wäre eine Untersuchung der Frage, in welchem Ausmaß die Beweglichkeit durch Ausübung eines Leistungssports verändert wird und welche Sportart den größten Effekt hat. Um genau festzustellen, wie sich ein solches funktionell angepaßtes Gelenk im Ablauf des Alterns verhält, müßte man allerdings langwierige Longitudinalstudien betreiben.

Es wäre denkbar, daß das Bewegungsausmaß zunächst vermehrt ist, daß aber durch Summation von Mikrotraumen die Gelenke schon früh präarthrotisch verändert sind. Eine Longitudinalstudie, die die Auswirkungen von Sport und Bewegung auf Wachstum und Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen erfassen soll, wird zur Zeit an der Universität von Saskatchewan (Kanada) x) durchgeführt. Bei dieser Studie wird u. a. auch die Beweglichkeit der Gelenke geprüft. Aus den bisher gewonnenen Ergebnissen wurde die Hypothese abgeleitet, daß der "fitteste" Teil der Bevölkerung aus den vorschulpflichtigen Kindern besteht. Das paßt zusammen mit den hier dargestellten Werten, die durch Transversaluntersuchungen ermittelt wurden.

Eine Longitudinalstudie speziell über die Frage der altersabhängigen Veränderungen der Hüftgelenkbeweglichkeit dürfte die hier gewonnenen Ergebnisse noch untermauern.

---

x) "The School of Physical Education"; Studie der Saskatchewan-Universität, Kanada, unter Dr. D. A. BAILEY.

G ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Prüfung der passiven Beweglichkeit und der Vergleich der Funktionswerte mit der Norm haben großen Aussagewert für die Diagnostik des Hüftgelenks.

2. Aus dem Angebot der verschiedenen Untersuchungsmöglichkeiten erweist sich die Einheitsgelenkmessungsmethode der AAOS für den klinischen Gebrauch am besten geeignet.

3. Unter Anwendung dieser Methode wurde bei 195 Untersuchungspersonen mit normalen Hüftgelenken die passive Beweglichkeit geprüft.

4. Es gibt das Bild der Altershüfte auch im funktionellen Bereich. Die auftretenden Veränderungen sind physiologisch und gehören zum Gesamtkomplex des Alternsvorgangs. Das Auftreten einer Arthrose ist abhängig vom Bestehen einer Präarthrose.

5. Als diagnostische Hilfe für die Beurteilung eines Hüftgelenks wurde eine Norm für die passive Beweglichkeit aufgestellt. Diese Norm gibt die Funktionswerte an für einen Erwachsenen im Alter von 25 - 35 Jahren. Die alternsabhängige Veränderung der Werte wird berücksichtigt durch die zusätzliche Angabe der entsprechenden Werte für Kinder und alte Leute von etwa 60 Jahren.

6. Zusätzlich wurde die Abhängigkeit des Bewegungsausmaßes vom Geschlecht der Untersuchungsperson geprüft: Die Werte der Rotationsbewegungen sind für Männer und Frauen unterschiedlich.

7. Es wurden 3 Einzelbeobachtungen gemacht: Die Funktionswerte eines Zustands nach Subluxation und Spreizhöschenbehandlung, einer pathologischen Minderbeweglichkeit durch Stützkorsett und eines besonderen Leistungstrainings wurden mit den entsprechenden Altersdurchschnitten verglichen.

8. Es wird hingewiesen auf die Frage, wie die Beweglichkeit durch Ausübung eines Leistungssports beeinflußt werden kann.

H ABBILDUNGEN, DIAGRAMME, TABELLEN

Abbildungen:

A 1: Messung der Flexionsbewegung

A 2: Messung der Extensionsbewegung

A 3: Messung der Adduktionsbewegung

A 4: Messung der Innenrotationsbewegung

Erläuterungen im Text.

Diagramme:

D 1 - 6 Männer

D 7 - 12 Frauen

Es sind folgende Werte für die einzelnen Bewegungsarten dargestellt:

1. in den 10-Jahresgruppen:
   Mittelwert mit mittlerem Fehler des Mittelwerts
   einfache Standardabweichung
2. Gesamtmittelwert für Alter und Funktion
3. Regressionsgerade
4. Mittelwert und Varianzen für die Gruppe der Männer über 71 (Alterswert nicht lagegetreu!)
5. Werte der Einzelbeobachtungen mit folgenden Symbolen:
   ○: 6 Jahre, männlich, Spreizhöschen
   ⊕: 46 Jahre, weiblich, Korsett
   #: 54 Jahre, weiblich, Ballett, Gymnastik

   Erläuterungen im Text.

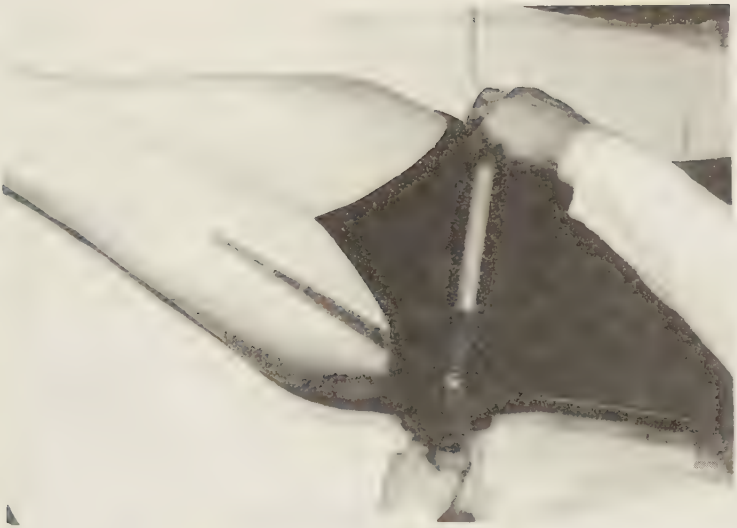
Tabellen:

T 1: Ausmaß der Hüftgelenkbeweglichkeit, Gegenüberstellung der einzelnen Autoren

T 2: Hüftgelenkbeweglichkeit, Normalwerte unter Berücksichtigung der alternsabhängigen Veränderungen

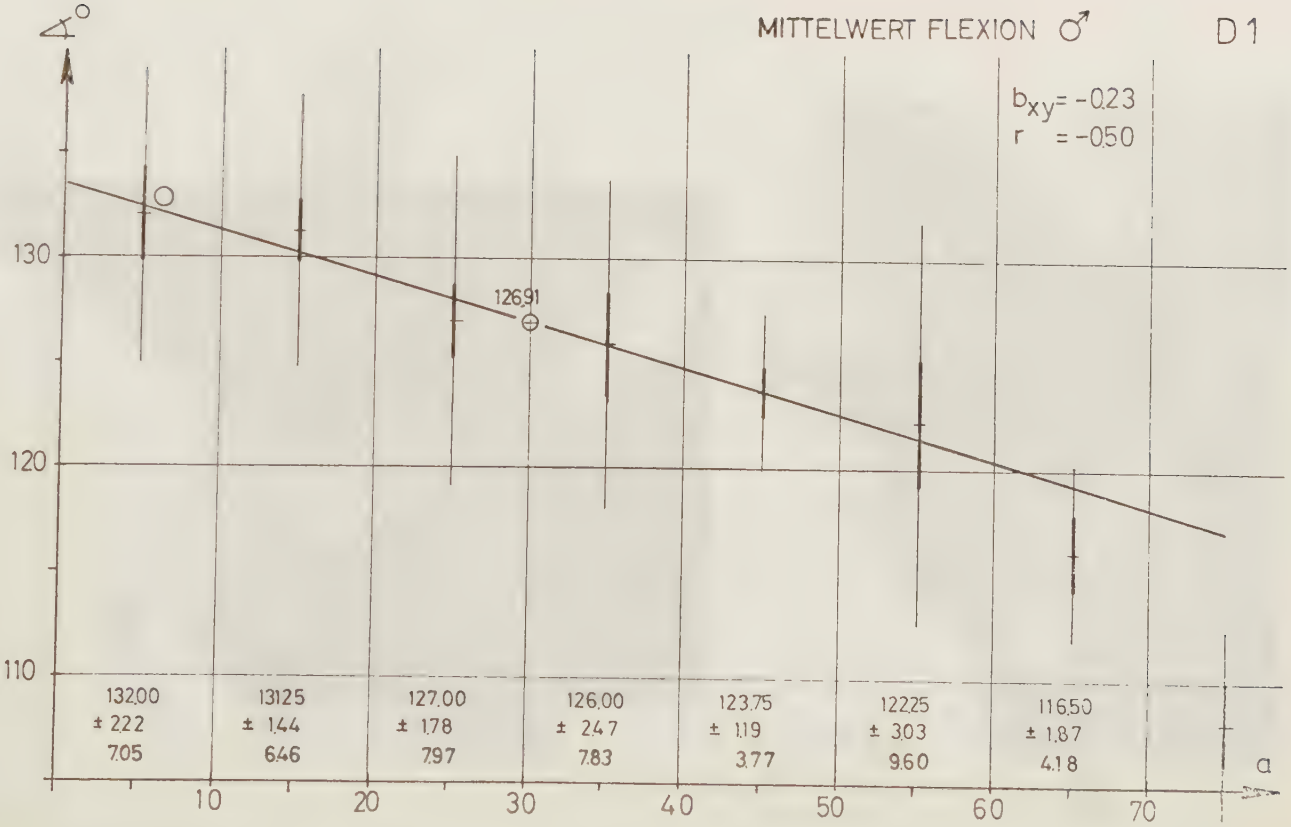
A_1

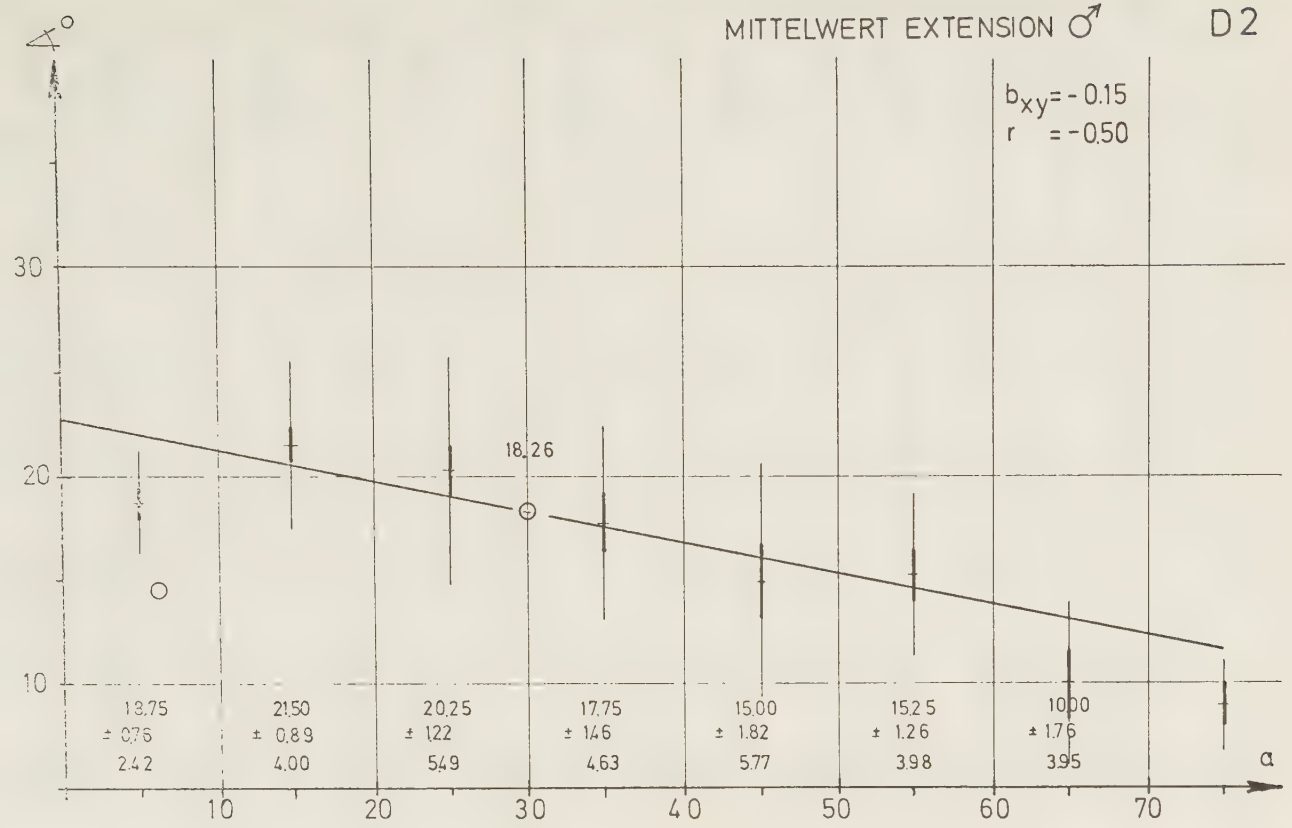
A_2

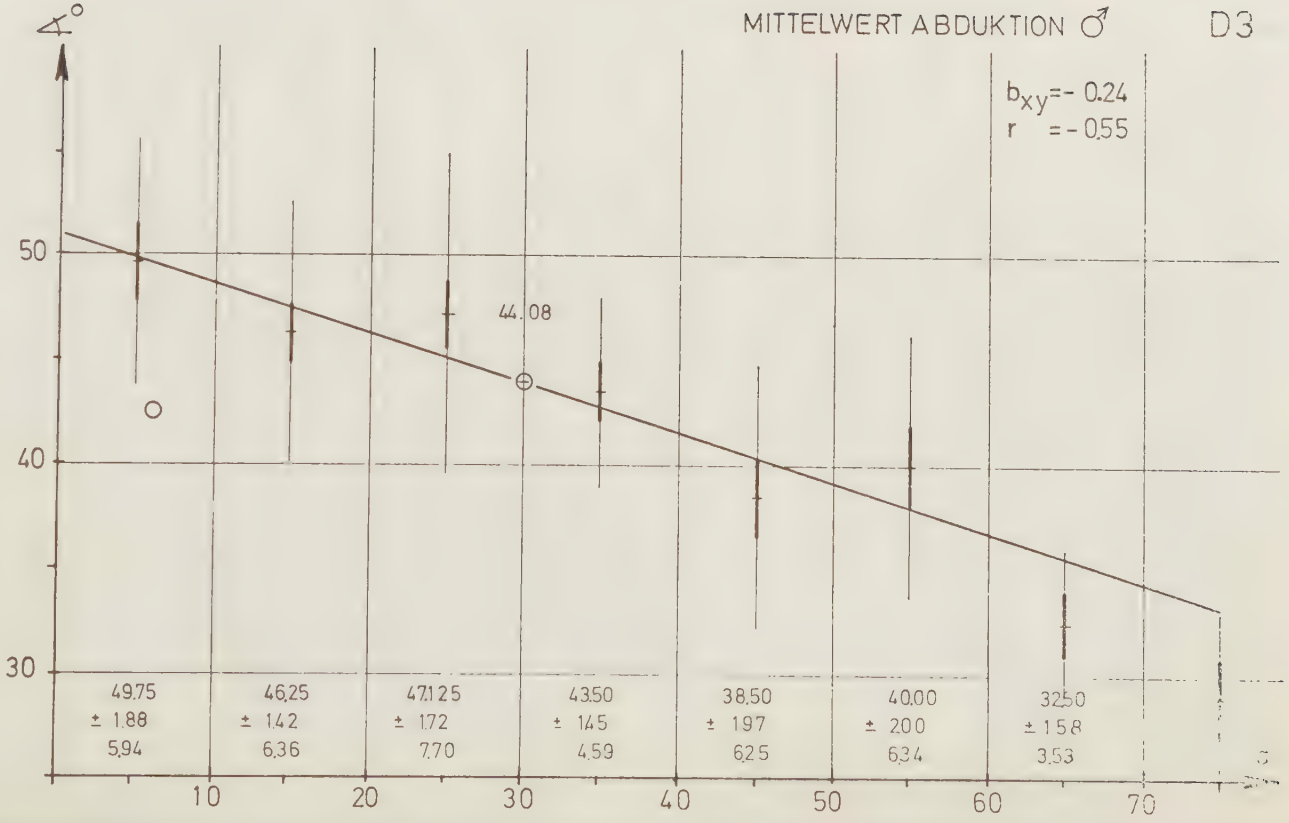


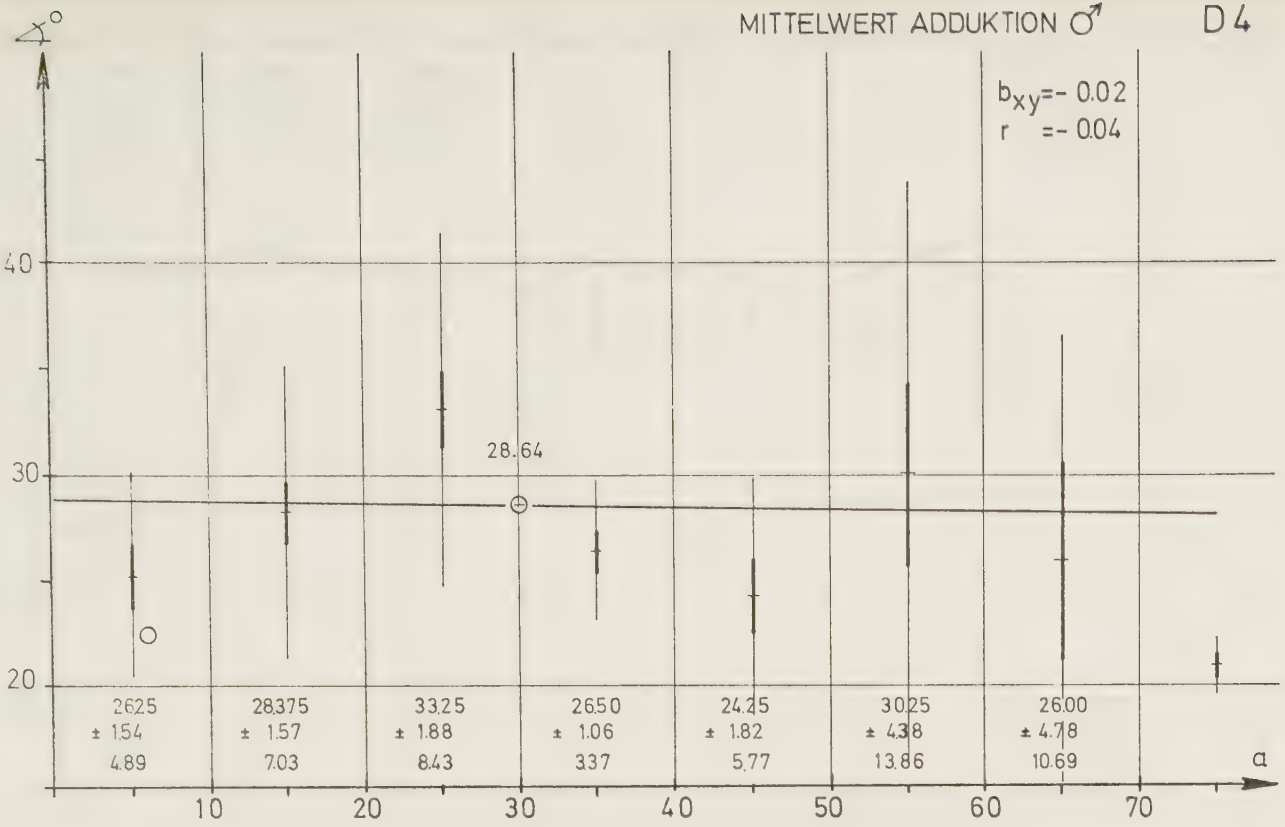
A_3

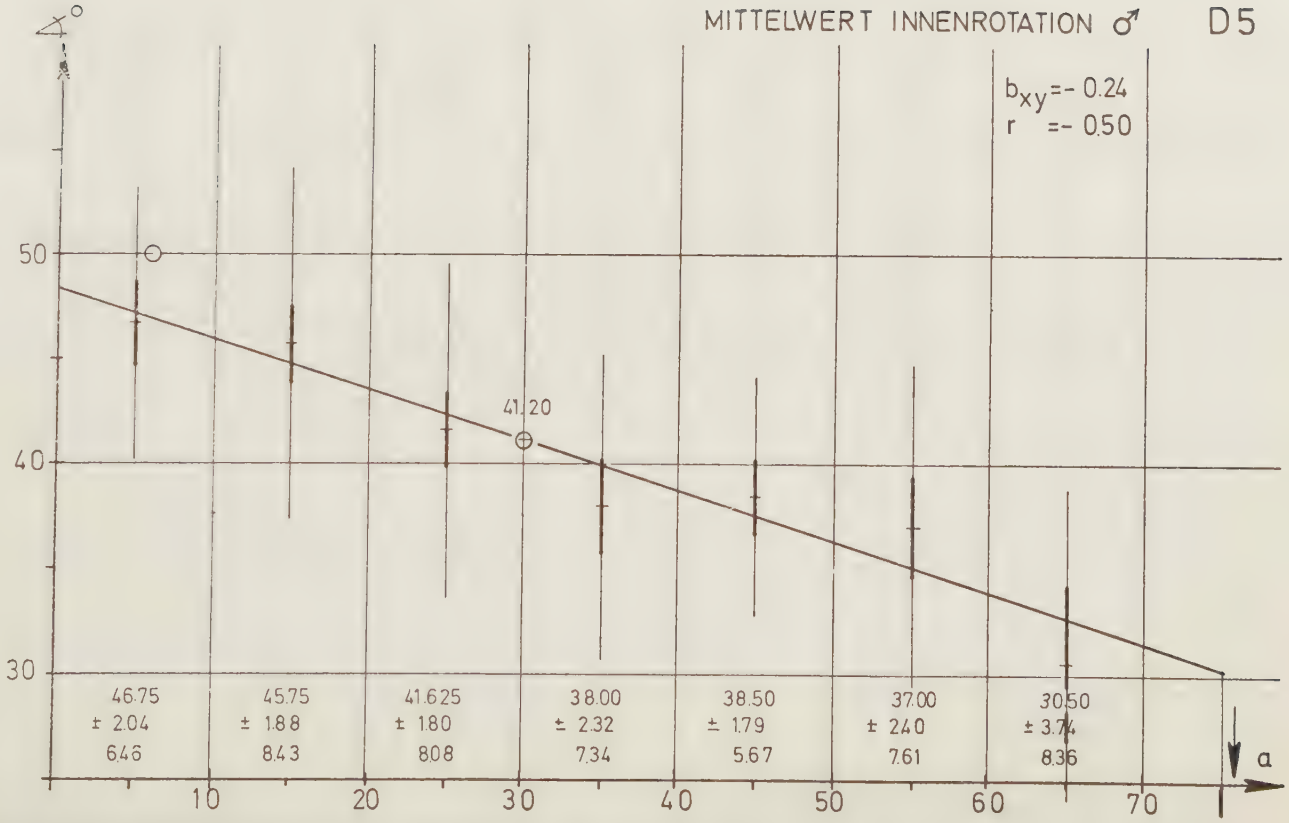
A_4

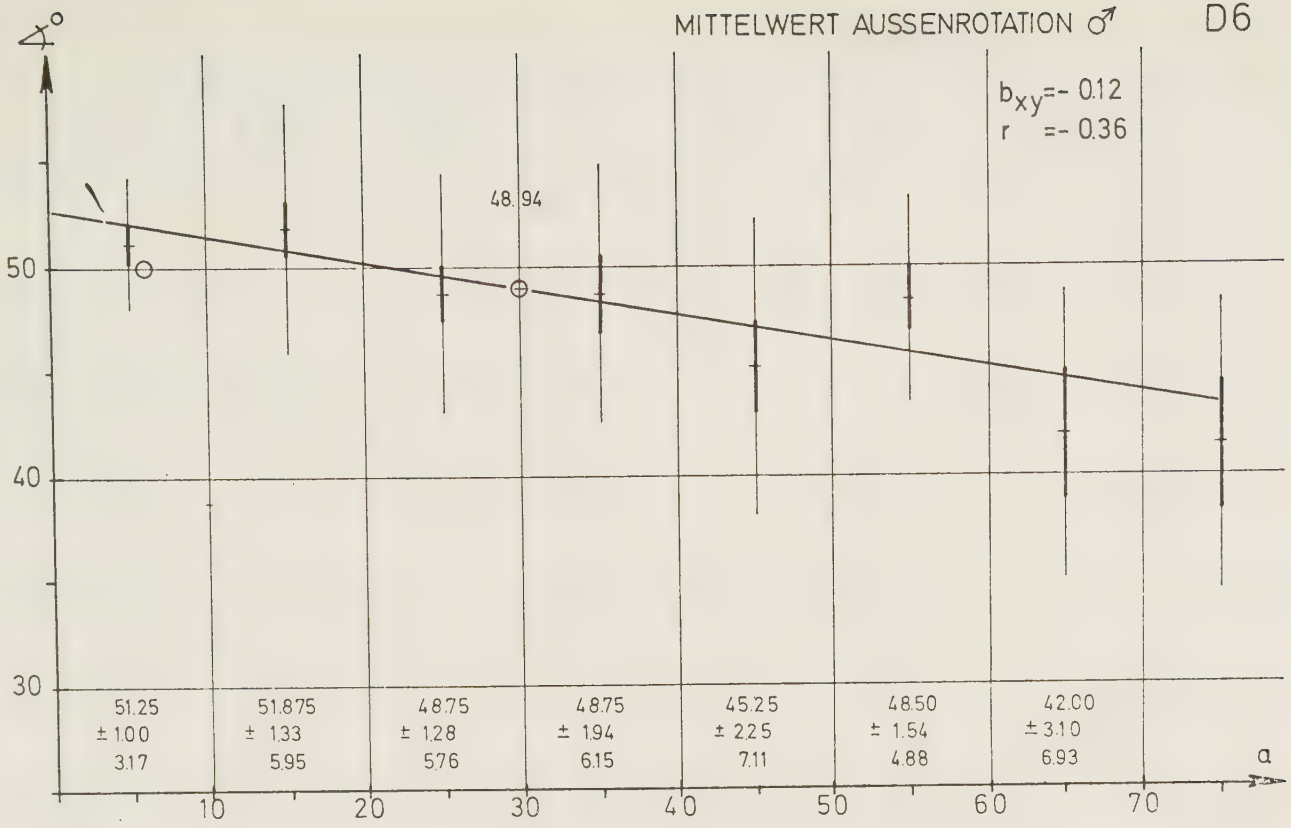

MITTELWERT FLEXION ♂
D 1
b_{xy} = -0.23
r = -0.50
α°
130
120
110
126.91
132.00 ± 2.22 7.05
131.25 ± 1.44 6.46
127.00 ± 1.78 7.97
126.00 ± 2.47 7.83
123.75 ± 1.19 3.77
122.25 ± 3.03 9.60
116.50 ± 1.87 4.18
10
20
30
40
50
60
70
a

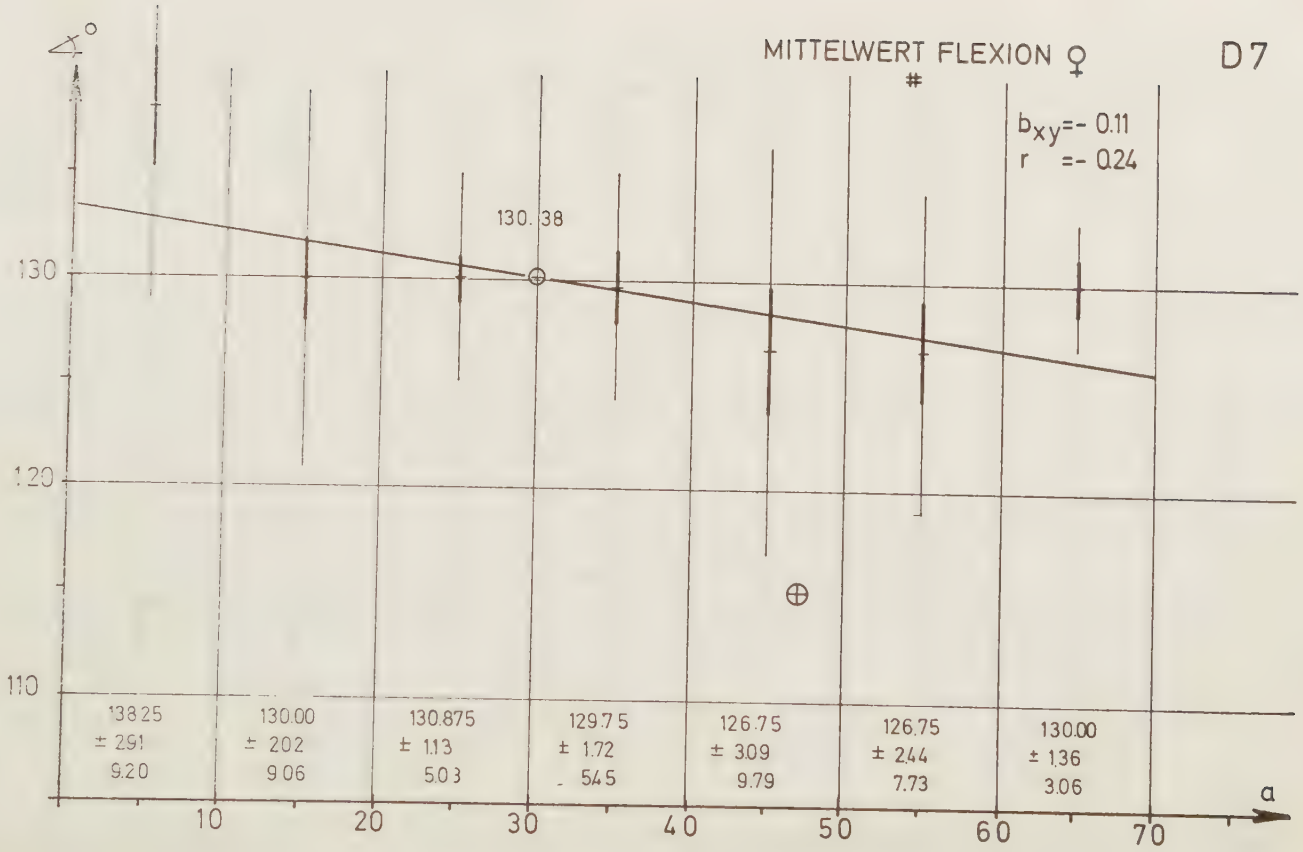

MITTELWERT EXTENSION ♂
D2
b_{xy} = - 0.15
r = - 0.50
18.26
13.75 ± 0.75 2.42
21.50 ± 0.89 4.00
20.25 ± 1.22 5.49
17.75 ± 1.46 4.63
15.00 ± 1.82 5.77
15.25 ± 1.26 3.98
10.00 ± 1.76 3.95
30
20
10
10
20
30
40
50
60
70
α

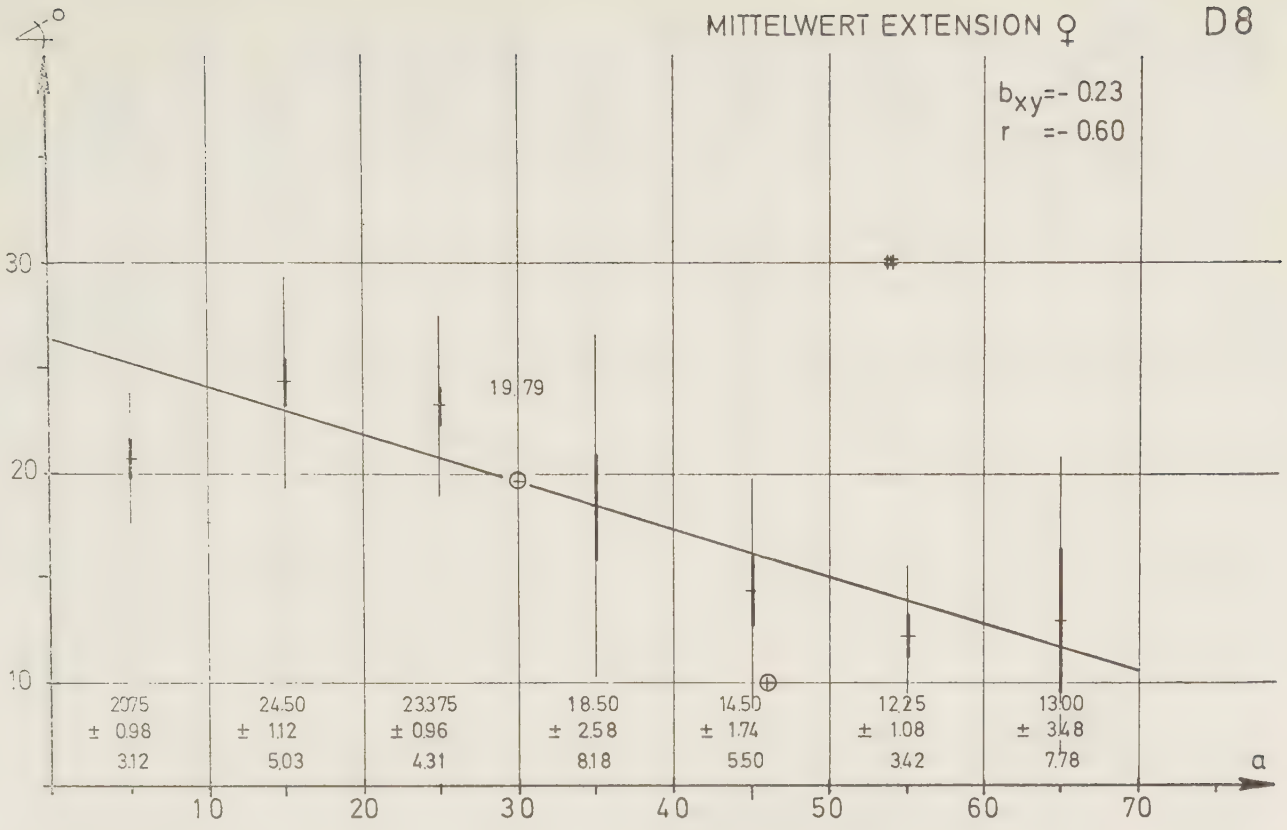

MITTELWERT ABDUKTION ♂
D3
b_{xy}=- 0.24
r =- 0.55
44.08
50
40
30
49.75
± 1.88
5.94
46.25
± 1.42
6.36
47.125
± 1.72
7.70
43.50
± 1.45
4.59
38.50
± 1.97
6.25
40.00
± 2.00
6.34
32.50
± 1.58
3.53
10
20
30
40
50
60
70

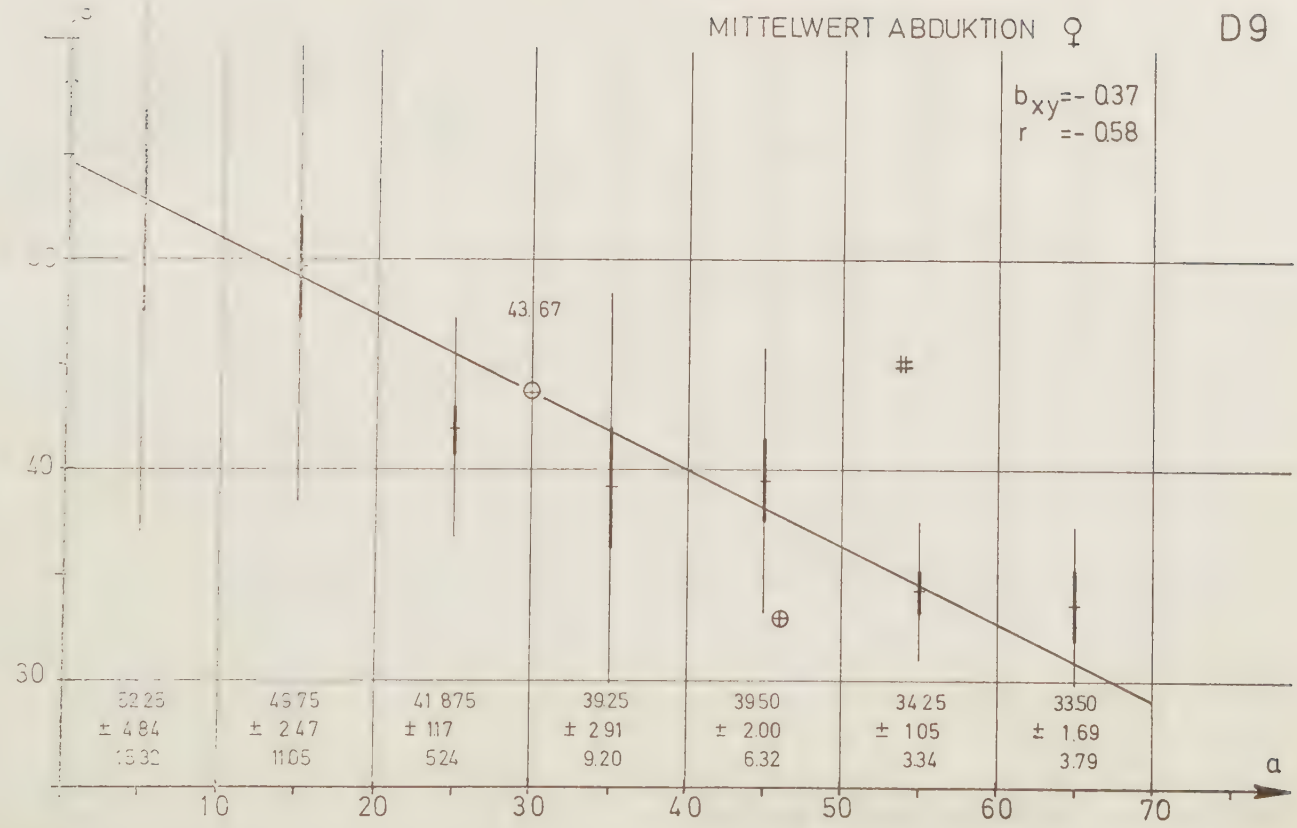

MITTELWERT ADDUKTION ♂
D 4
b_{xy}=- 0.02
r =- 0.04
28.64
40
30
20
10
20
30
40
50
60
70
a
26.25 ± 1.54 4.89
28.375 ± 1.57 7.03
33.25 ± 1.88 8.43
26.50 ± 1.06 3.37
24.25 ± 1.82 5.77
30.25 ± 4.38 13.86
26.00 ± 4.78 10.69

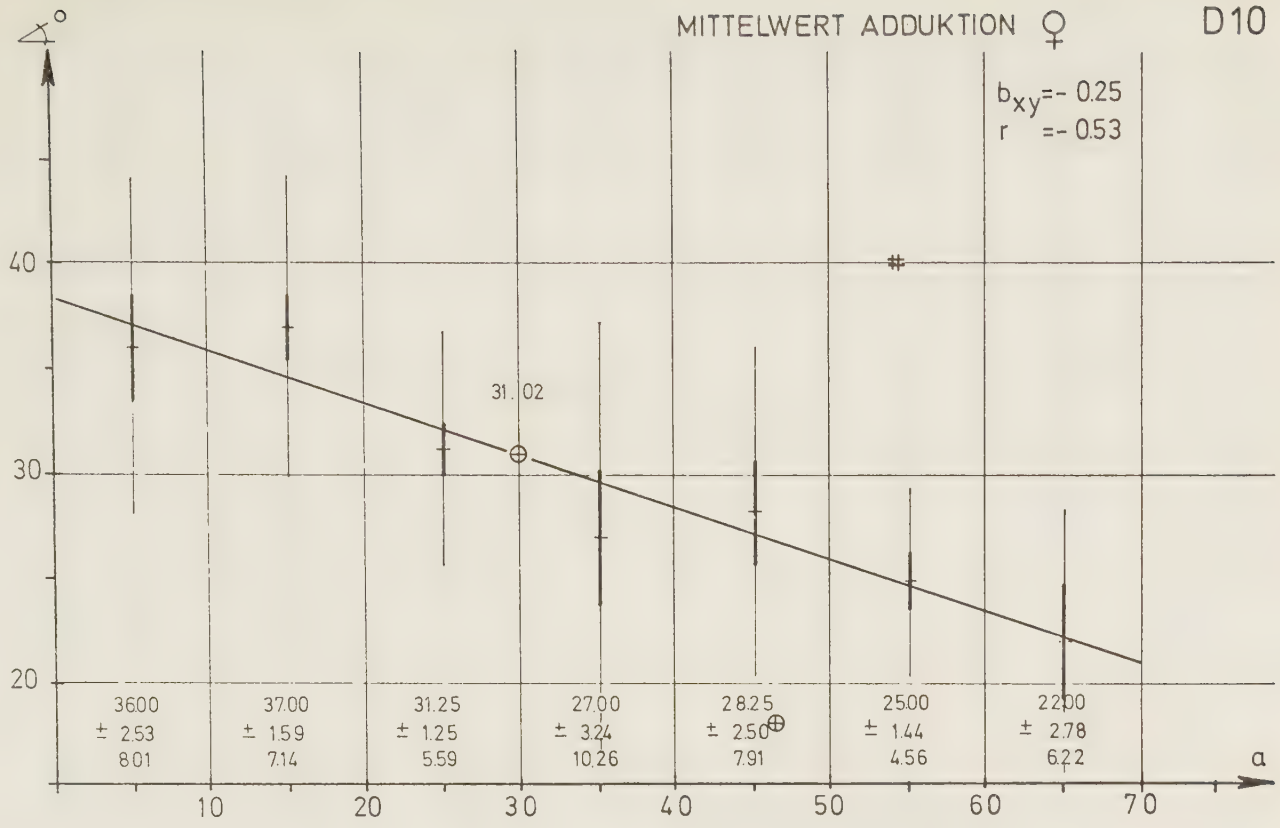

MITTELWERT INNENROTATION ♂
D5
b_{xy}=- 0.24
r =- 0.50
41.20
50
40
30
10
20
30
40
50
60
70
a
46.75
± 2.04
6.46
45.75
± 1.88
8.43
41.625
± 1.80
8.08
38.00
± 2.32
7.34
38.50
± 1.79
5.67
37.00
± 2.40
7.61
30.50
± 3.74
8.36

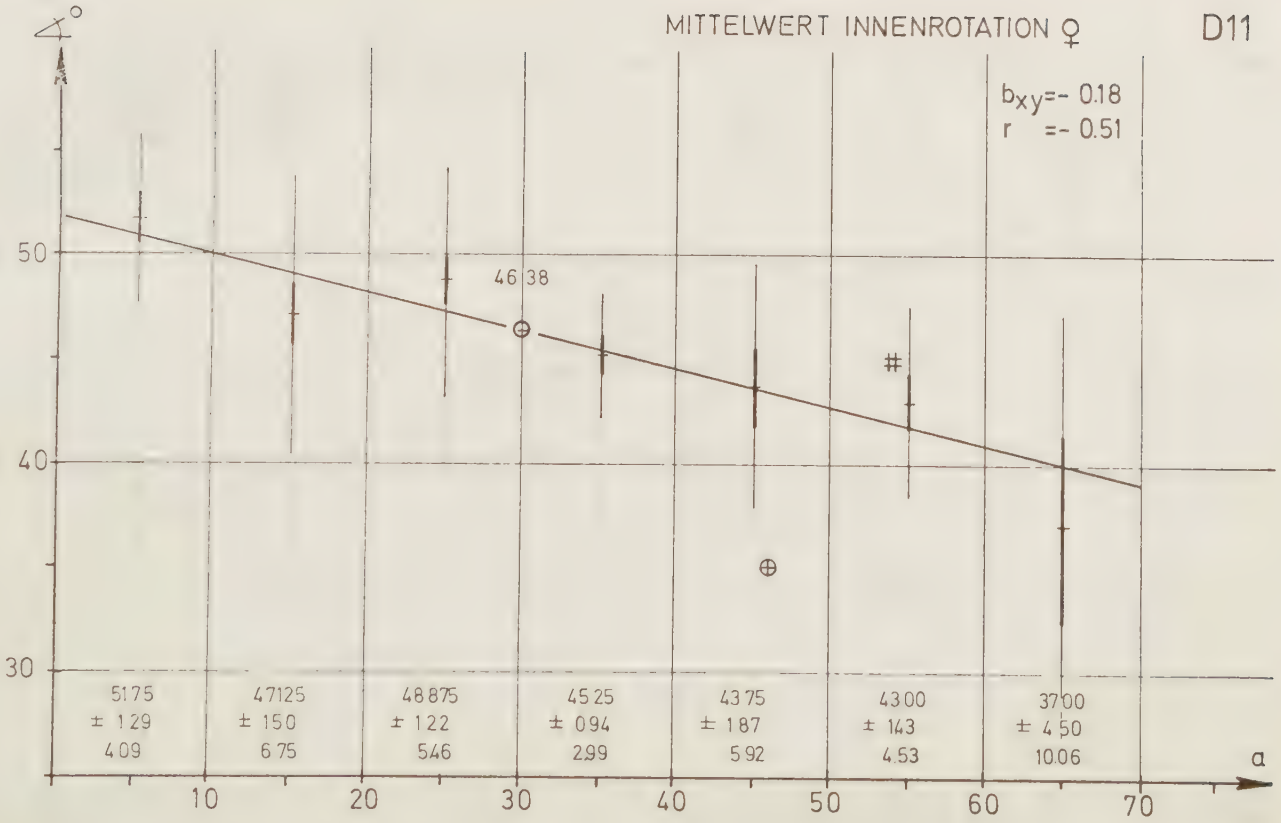

MITTELWERT AUSSENROTATION ♂
D6
b_{xy}=- 0.12
r =- 0.36
48.94
50
40
30
51.25
± 1.00
3.17
51.875
± 1.33
5.95
48.75
± 1.28
5.76
48.75
± 1.94
6.15
45.25
± 2.25
7.11
48.50
± 1.54
4.88
42.00
± 3.10
6.93
10
20
30
40
50
60
70
a

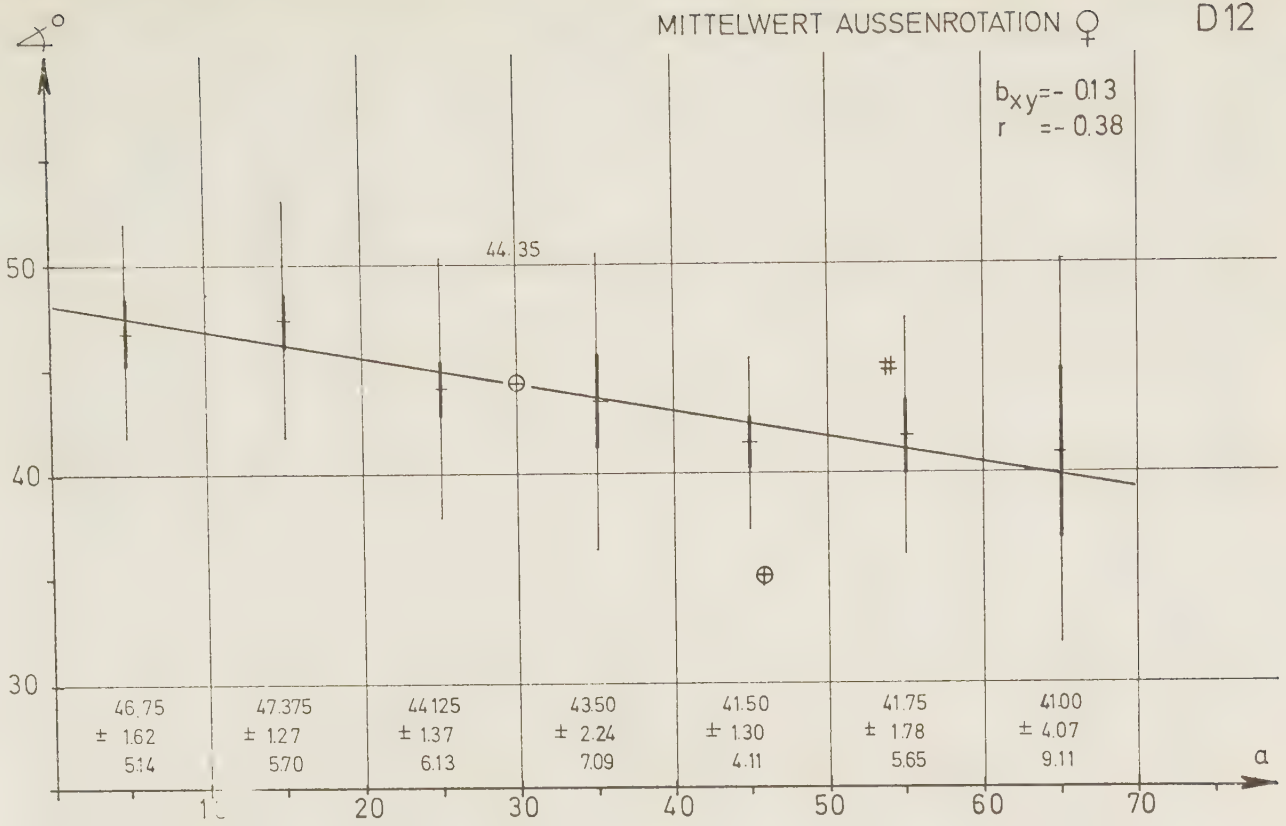

MITTELWERT FLEXION ♀
D7
b_{xy}=- 0.11
r =- 0.24
130.38
130
120
110
138.25
± 2.91
9.20
130.00
± 2.02
9.06
130.875
± 1.13
5.03
129.75
± 1.72
5.45
126.75
± 3.09
9.79
126.75
± 2.44
7.73
130.00
± 1.36
3.06
10
20
30
40
50
60
70
a


MITTELWERT EXTENSION ♀
D8
b_{xy}=- 0.23
r =- 0.60
y°
30
20
10
19.79
20.75 ± 0.98 3.12
24.50 ± 1.12 5.03
23.375 ± 0.96 4.31
18.50 ± 2.58 8.18
14.50 ± 1.74 5.50
12.25 ± 1.08 3.42
13.00 ± 3.48 7.78
10
20
30
40
50
60
70
a


MITTELWERT ABDUKTION ♀
D9
b_{xy}=- 0.37
r =- 0.58
43.67
#
40
30
52.25
± 4.84
13.32
46.75
± 2.47
11.05
41.875
± 1.17
5.24
39.25
± 2.91
9.20
39.50
± 2.00
6.32
34.25
± 1.05
3.34
33.50
± 1.69
3.79
a
10
20
30
40
50
60
70


MITTELWERT ADDUKTION ♀
D10
b_{xy}=- 0.25
r =- 0.53
α°
40
30
20
31.02
36.00 ± 2.53 8.01
37.00 ± 1.59 7.14
31.25 ± 1.25 5.59
27.00 ± 3.24 10.26
28.25 ± 2.50 7.91
25.00 ± 1.44 4.56
22.00 ± 2.78 6.22
a
10
20
30
40
50
60
70


MITTELWERT INNENROTATION ♀
D11
bxy=- 0.18
r =- 0.51
°
50
40
30
46 38
#
5175
± 1.29
4.09
47125
± 150
6.75
48875
± 122
546
4525
± 094
2.99
4375
± 187
5.92
4300
± 143
4.53
3700
± 4.50
10.06
a
10
20
30
40
50
60
70


MITTELWERT AUSSENROTATION ♀
D12
b_{xy}=- 0.13
r =- 0.38
44.35
50
40
30
20
30
40
50
60
70
a
46.75 ± 1.62 5.14
47.375 ± 1.27 5.70
44.125 ± 1.37 6.13
43.50 ± 2.24 7.09
41.50 ± 1.30 4.11
41.75 ± 1.78 5.65
41.00 ± 4.07 9.11

T1

	FLEXION	EXTENSION	ABDUKTION	ADDUKTION	INNEN-ROTATION	AUSSEN-ROTATION
AAOS, DEBRUNNER: NORMALE AUSGANGS-STELLUNG	130·140	10	30·45	20·30	40·50	30·45
COMMITTEE ON MEDICAL RATING: NORMALE AUSGANGSSTELLUNG	100	30	40	20	40	50
MOORE: NORMALE AUSGANGS-STELLUNG	115·125	10·15	45	10·15	45	45
HANSEN: NORMALE AUSGANGS-STELLUNG	120·130	20 30	40·50	30·40	40·50	30·40
SCHNELLE: NORMALE AUSGAUGS-STELLUNG	135	0	50·60	40·50	20·30	30·40
CHAPCHAL: UMGERECHNET, NORMALE AUSGANGSSTELLUNG	120	15·20	40	30	35	15
LANZ-WACHSMUTH: UMGERECHNET, NORMALE AUSGANGSSTELLUNG	120	15	50	20	35	25
MILCH: UMGERECHNET, (PELVIFEMORALANGLE I) NORM. AUSGAUGSSTELLUNG	75		45	15	15	35
MUNDALE, CLAYSON ua.: UMGER., (PELVIFEMORALANGLE II) NORM. AUSGANGSSTELLUNG	110·120	10·15				
SCHLAAFF: UMGERECHNET, OPTIMALE AUSGANGSSTELLUNG	135		FLEXION 70	40	45	40
CHAPCHAL: UMGERECHNET, OPTIMALE AUSGANGSSTELLUNG		ABDUKTION 45	FLEXION 90	40·45	40	60
HANSEN: OPTIMALE AUSGANGS-STELLUNG					FLEXION 30·40	40·60
SCHNELLE OPTIMALE AUSGANGS-STELLUNG		ABDUKTION 15·20	FLEXION 50·70	40·50	30·35	40·50

T2

Jahre:	Kinder	25 - 35	etwa 60
Flexion	130 - 135	125 - 130	120 - 125
Extension	25	20	15
Abduktion	50	45	40
Adduktion	35	30	25
Innenrotation ♂	45	40	35
Innenrotation ♀	50	45	40
Außenrotation ♂	55	50	45
Außenrotation ♀	50	45	40

I LITERATURVERZEICHNIS

1 AAOS, American Academy of Orthopedic Surgeons: Measuring and Recording of Joint Motion, 1965 dargestellt in DEBRUNNER, H. U. (14)

2 ALBERT, E., beschrieben in FICK, R. (18)

3 BAUD, B.: Über das röntgenologische Bild der Hüfte im Alter. Zschr. Orthop. 86 (1955), 24

4 BENNINGHOFF, A., K. GOERTTLER: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Bd. I, 10. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München - Berlin 1968

5 BERNBECK, R.: Kinderorthopädie. Thieme, Stuttgart 1954

6 BRAUS, H.: Anatomie des Menschen, Bd. I, 3. Aufl. Springer, Berlin 1954

7 BÜRGER, M.: Altern und Krankheit. 3. Aufl. Thieme, Leipzig 1957

8 BÜRGER, M.: Altern und Krankheit. Vortrag, gehalten auf der 5. Fortbildungswoche der Bezirksärztekammer Nordbaden 21./22. Mai 1960 in Heidelberg. Med. Welt 1960, 2343 - 2356

9 CAVE, E.F., S.M. ROBERTS: A Method for Measuring and Recording Joint Function. J. Bone Jt. Surg. (A). 18 (Apr. 1936), 455 - 465

10 CHAPCHAL, G.: Orthopädische Krankenuntersuchung. Enke, Stuttgart 1954

11 CLAYSON, S.J., I.M. NEWMAN u.a.: Evaluation of Mobility of Hip and Lumbar Vertebrae of Normal Young Women. Arch. Phys. Med. 43 (1962), 1 - 8

12 CLAYSON, S.J., M.O. MUNDALE u.a.: Goniometer Adaptation for Measuring Hip Extension. Arch. Phys. Med. 47 (Apr. 1966), 255 - 261

13 COMMITTEE ON MEDICAL RATING OF PHYSICAL IMPAIRMENT: A Guide to the Evaluation of Impairment of the Extremities and Back. J. Am. Med. Assoc. Spec. Edition. 2, 15 (1958), 76 - 79

14 DEBRUNNER, H.U.: Orthopädisches Diagnostikum. Thieme, Stuttgart 1966

15 DEBRUNNER, H.U.: Probleme des Alters aus der Sicht des Orthopäden. Verhandlungen der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft; 46. Kongress 1958, Tübingen. Zschr. Orthop. Beilagenheft 91 (1959), 87

16 DESCAMPS, L.: Das Bewegungsspiel der Hüfte, eine mathematische Studie. Ref. Zschr. Orthop. 85 (1954/55) 495

17 DOBERAUER, W., A. HITTMAIR, R. NISSEN, F.H. SCHULZ: Handbuch der praktischen Geriatrie. Bd. I, Enke, Stuttgart 1965

18 FICK, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln. Bd. II, Fischer, Jena 1910

19 FRIEDEBOLD, G., J. GRUNERT: Veränderungen der oberen Sprunggelenke bei Fußball-Leistungssportlern als Modellfall für die Grenze zwischen Anpassung und Schäden. Kongreßbericht XVI. Weltkongreß für Sportmedizin, Hannover 1966

20 HANSEN, H.T.: Praktische ärztliche Untersuchungs- und Behandlungstechnik. Thieme, Stuttgart 1965

21 HEIMENDINGER, J.: Die Ergebnisse von Körpermessungen an 5000 Basler Kindern von 2 - 18 Jahren. Helvetica Paediatrica Acta, Suppl. XIII. Schwabe, Basel 1964

22 HOHMANN, G., M. HACKENBROCH, K. LINDEMANN: Handbuch der Orthopädie, Bd. IV, 1 Thieme, Stuttgart 1961

23 JENTSCHURA: Alterskrankheiten in der Orthopädie. in: SCHETTLER, G. (36)

24 LANGE, M.: Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie. Enke, Stuttgart 1960

25 LANZ, T. von, W. WACHSMUTH: Praktische Anatomie, Bein und Statik. Springer, Berlin 1938

26 MAU, H.: Altersprobleme aus der Sicht des Orthopäden. Med. Welt 1960, 2370 - 2374

27 MEYER, H. von, beschrieben in STRASSER, H. (41)

28 MILCH, H.: The Measurement of Pelvifemoral Motion. Anat. Rec. 140 (1961), 135 - 145

29 MOORE, M. L.: The Measurement of Joint Motion. Part I, Introductury Review of the Literature. Phys. Therap. Rev. 29 (May 1949), 195 - 205. Part II, The Technic of Goniometry. Phys. Therap. Rev. 29 (June 1949), 256 - 264

30 MUNDALE, M. O., H. J. HISLOP u. a.: Evaluation of Extension of the Hip. Arch. Phys. Med. 37 (2), (Feb. 1956), 75 - 80

31 REDDEMANN, H.: Abduktionsbehinderung des Hüftgelenks im Säuglingsalter. Dtsch. Gesundh. Wes. 20 (1965) 996 - 1002

32 ROUX, W.: Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Bd. I, Funktionelle Anpassung. Engelmann, Leipzig 1895

33 RUSSE, O.: Atlas orthopädischer Erkrankungen. Huber, Bern 1964

34 RUTISHAUSER, E., in: BAUD, B. (3)

35 SCHALLOCK, G.: Morphologische Veränderungen im Alter. in: DOBERAUER, W. (17)

36 SCHETTLER, G.: Alterskrankheiten. Thieme, Stuttgart 1966

37 SCHLAAFF, J.: Messung der Gelenkbeweglichkeit. in: RUSSE, O. (33)

38 SCHLAAFF, J.: Der Meßfächer in neuer Form. Münchner Med. Wchnschr. 85 (1938), 369

39 SCHNELLE, H.H.: Längen-, Umfangs- und Bewegungsmaße des menschlichen Körpers. 4. Aufl. Barth, Leipzig 1964

40 STEINMANN, B.: Allgemeine Beziehungen zwischen Altern und Krankheit. in: DOBERAUER, W. (17)

41 STRASSER, H.: Lehrbuch der Muskel- und Gelenkmechanik. Bd. III, Untere Extremität. Springer, Berlin 1917

42 THOMAS (Handgriff) in: Rettig, H., J. Eichler, G. Oest: Hüftfibel, Thieme, Stuttgart 1970

43 VERAGUTH, P.C.: in: DEBRUNNER, H.U. (15)

44 WEISS, M.: Ein universaler Winkelmesser zur dreidimensionalen Bestimmung der Beweglichkeit der Gelenke. Polski tygodn. lek. 11 (1956), 614

45 WEST, C.C.: Measurement of Joint Motion. Arch. Phys. Med. 26 (July 1945), 414 - 425

Lebenslauf des Karl-Heinz Elsner

3. 6. 1944	geboren als einziges Kind des Elektromeisters Heinz Elsner und seiner Ehefrau Anneliese, geb. Volkmer in Köln
Ostern 1950	Einschulung in die Volksschule Köln-Sülz, Euskirchener Straße
Ostern 1954	Umschulung auf das Staatliche Apostelgymnasium Köln, Besuch des altsprachlichen Zweigs
Ostern 1963	Abschluß der Schule mit Abitur
ab S. S. 1963	Medizinstudium an der Universität Köln
W. S. 1963/64	Ablegung der Vorphysikumsprüfung
W. S. 1965/66	Ablegung der Physikumsprüfung an der Universität Köln
S. S. 1966	Medizinstudium an der Universität Kiel
W. S. 1966/67	Medizinstudium an der Universität Innsbruck
ab S. S. 1967	Medizin- und Sportstudium an der Freien Universität Berlin, u. a. Famulatur an der Orthopädischen Klinik und Poliklinik im Oskar-Helene-Heim unter Prof. Dr. med. G. Friedebold. Anregung und Beginn der Dissertationsarbeit
ab S. S. 1969	Beurlaubung vom Studium wegen eines schweren Autounfalls
S. S. 1970	Ablegung des medizinischen Staatsexamens an der Freien Universität Berlin
W. S. 1970/71	Weiterführung und teilweiser Abschluß des Sportstudiums, Beendigung der Dissertationsarbeit
ab Apr. 1971	Tätigkeit als Medizinalassistent am Klinikum Steglitz, Berlin, Institut für Anaesthesiologie und Med. Klinik und Poliklinik